
I. *Ueber die Processe der vulkanischen Gesteinsbildungen Islands; von R. Bunsen.*

Die nachstehende Arbeit enthält eine kurze Uebersicht der hauptsächlichsten Resultate, welche sich bei einer umfassenderen Untersuchung über die vulkanischen Erscheinungen Islands ergeben haben. Man wird darin um so weniger eine erschöpfende Behandlung des Gegenstandes erwarten dürfen, als Ergebnisse, die, wie die nachfolgenden, nur auf dem Wege sehr weitläufiger Experimentaluntersuchungen gewonnen werden können, zum völligen Verständniß einer Beweisführung bedürfen, die sich nicht in kurzen Worten zusammenfassen läßt. Ebenso wenig erlaubten es die Gränzen dieser Mittheilung auf die Folgerungen näher einzugehen, welche sich für die plutonischen Gesteinsbildungen überhaupt aus diesen Untersuchungen ziehen lassen.

Was mich bestimmt, der ausführlicheren Arbeit diesen kurzen Auszug voranzuschicken, ist lediglich der Wunsch, die Aufmerksamkeit der Chemiker und Geologen vorläufig auf eine Reihe sehr einfacher Beziehungen zu lenken, die man ohne Zweifel durch die ganze Reihe der älteren Eruptionsperioden hindurch wird verfolgen können, und die vielleicht nicht unerwünschte Anhaltspunkte für neue Forschungen auf diesem Gebiete gewähren dürften.

I. Genetische Beziehungen der nicht metamorphischen Gebilde.

Die feuerflüssig gebildeten Eruptivmassen der Vulkanenperiode bestehen aus Gemengen kieselaurer Salze, die

während ihres Ergusses zu einer homogenen Flüssigkeit verschmolzen waren. Erst bei dem Erstarren nahmen diese Gemenge die Gestalt plutonischer Gebirgsarten an, in denen sich der völlig homogene Charakter der ursprünglichen Masse nur selten wiederfindet. Man weiß, daß mit dem Erstarren eine Scheidung in bestimmt gesonderte Fossilien eintritt, die in einer gleichförmigen noch nicht zu constanten Verbindungen individualisirten Grundmasse liegen, oder sich ohne Zwischensubstanz zu krystallinischen Aggregaten gruppiren. An solchen rein krystallinischen Aggregaten sind die Producte der jüngsten Eruptionsperioden nicht eben reich. Man findet darunter weit häufiger solche Gesteine, welche aus einer amorphen und einer krystallinischen Masse bestehen, von denen die erstere dem lösenden, die letztere dem gelösten Theile des erstarrenden Gesteins entspricht. Der petrographische Charakter, welcher sich in dieser Beschaffenheit der fertigen Gesteine ausprägt, hängt zunächst wesentlich von der chemischen Constitution der ursprünglich gleichmäsig gemischten Silicatmasse ab. Ueber diese Constitution der ganz oder theilweise in Krystalle gesonderten Masse kann die getrennte Untersuchung der im Gestein entstandenen Fossilien keinen Aufschluß geben. Will man sich daher nicht auf eine nur naturhistorische Beschreibung der Gebirgsarten beschränken, sondern bis zu den eigentlichen Quellen ihrer Bildung zurückgehen, so kann natürlich nur die Durchschnittszusammensetzung des Gesteins ohne Rücksicht auf die erst später darin geschiedenen Fossilien den Ausgangspunkt einer solchen Untersuchung bilden. Das große vulkanische System, welches am nördlichen Polarkreise die Insel Island zusammensetzt, bietet dazu die beste Gelegenheit dar, weil es aller kalkigen und kieseligen Flötzgebirge ermangelt, die einen störenden Einfluß auf die normale Zusammensetzung der vulkanischen Durchbrechungen hätten ausüben können, und weil die Gesteine, welche dort als Repräsentanten der allgemein verbreiteten Formationen auftreten, ihrer Hauptmasse nach amorph sind, oder doch fast

immer das Gepräge einer so gleichförmigen und innigen Mengung an sich tragen, daß dadurch die Möglichkeit gegeben ist, ihre Durchschnitts-Zusammensetzung festzustellen.

Obleich die große Mannigfaltigkeit, welche sich in der mineralogischen und chemischen Zusammensetzung der nicht metamorphosirten Gebirgsarten Islands ausdrückt, auf dem ersten Blick jeden Gedanken an eine nachweisbare Gesetzmäßigkeit ihres Ursprungs auszuschließen scheint, so bietet sich doch bei näherer Betrachtung eine Beziehung dar, welche alle diese Bildungen von den jüngsten Lavaergüssen bis zu den ältesten Eruptivmassen, wie verschieden auch immer ihre mineralogische Constitution seyn mag, unter einander auf das Innigste verknüpft.

Es giebt in Island, und wahrscheinlich in den meisten größeren vulkanischen Systemen, zwei Hauptgruppen von Gesteinen, die sich trotz der allmäligen Uebergänge, durch die sie mit einander verbunden sind, doch leicht in ihren extremsten Gliedern als *normaltrachytische* einerseits und als *normalpyroxenische* andererseits unterscheiden lassen. Die einzelnen petrographisch oft sehr verschiedenen Glieder behaupten in jeder dieser Gruppen eine besondere, aber völlig constante Zusammensetzung ¹⁾.

Was zunächst die normaltrachytischen Gesteine anbelangt, so entsprechen sie fast genau einem zweifach sauren Gemenge von Thonerde- und Alkali-Silicaten, in denen Kalk, Magnesia und Eisenoxydul bis zum Verschwinden zurücktreten. Die unten folgenden Analysen geben die Zusammensetzung der hauptsächlichsten dahingehörigen Glieder: Die Felsart 1, setzt die Hauptmasse des trachytischen Baulakegels ²⁾ zusammen, und bildet ein weißes oft ins Gelbliche oder Bläuliche spielendes, rauh anzuführendes,

1) Ich verstehe unter den ersteren die kieselerde-reichsten trachytischen, und unter den letzteren die kieselerde-ärmsten basalt- und doleritähnlichen Gesteine.

2) Forchhammer betrachtet dieß Gestein als aus einem neuen Feldspath, dem Baulit, bestehend.

mittelkörniges Gestein, mit vielen unregelmässigen kleinen Höhlungen.

Das Gestein 2, von Strútrháls bei Kalmanstunga, vier dänische Meilen SO von Baula, bildet eine senkrechte, von einem Trappgang durchsetzte, massige, regellos zerklüftete Felswand, deren Fuss vom Nordhlingafjót bespült wird. Das Gestein ist blendend weiss, deutlich krystallinisch körnig, und im Uebrigen dem vorigen ähnlich. Das Gestein 3, vom Laugarfall am grossen Geisir, steht in grossen Säulen an, und bildet eine dichte bläulichgraue Gesteinsmasse, von einem im Grossen unbestimmt eckigen, im Kleinen splittrigen Bruch, mit vereinzelt nur unvollkommen aus der Grundmasse hervortretenden feldspäthigen Ausscheidungen, und höchst sparsamen Aussonderungen von kleinen Hornblendkrystallen. Die Gebirgsart 4 ist von einem massigen, nicht säulenförmig gegliederten, Felsen bildenden Trachyt der Arnarhnipa (Adlersklippe) am Ufer der Laxá zwischen Hrúni und Stórinúpr, dem Gestein von Strútrháls ähnlich, aber gelblicher, feinkörniger, und von etwas erdigem gesetztem Ansehn. Die Felsart 5 ist ein in Platten abgesonderter Klingstein von Falkaklettur bei Kalmanstunga aus einer dichten, graubraunen, durch Eisenoxydfärbungen gesprenkelten oder gebänderten matten Grundmasse bestehend, in der sich nur hier und da Spuren von feldspäthigen Aussonderungen finden. 6, ist eine schwarzgraue, homogene, steinige, mit vielen kleinen unregelmässig geformten Höhlungen erfüllte Lava von, wie es scheint, sehr jungem Alter, die sich am Hrafnatinnubrygg bei Krafla, hoch im NO von Island, findet. 7, endlich ist ein mit jener Lava lagenweis wechselnder schwarzer homogener Obsidian von der diesem Gebilde eigenthümlichen Beschaffenheit.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kieselerde	75,91	77,92	75,29	78,95	76,42	76,38	75,77
Thonerde	11,49	12,01	12,94	10,22	9,57	11,53	10,29
Eisenoxydul	2,13	1,32	2,60	2,91	5,10	3,59	3,85
Kalkerde	1,56	0,76	1,01	1,84	1,53	1,76	1,82
Magnesia	0,76	0,13	0,03	0,14	0,20	0,40	0,25
Kali	5,64	3,27	5,42	1,76	1,94	1,88	2,46
Natron	2,51	4,59	2,71	4,18	5,24	4,46	5,56
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00.

Allgemein verbreitete nicht metamorphische Gebirgsarten, die noch saurer wären als diese, giebt es in Island nicht.

Eine ähnliche Uebereinstimmung zeigt die Durchschnittszusammensetzung der normalpyroxenischen Gesteine, welche als basische Silicate von Thonerde und Eisenoxydul in Verbindung mit Kalk, Magnesia, Kali und Natron die extremsten Glieder nach der anderen Seite hin bilden. Auch hier findet man, wie die nachstehenden Analysen zeigen, ein und dieselbe mittlere Mischung in Gesteinen, welche den verschiedensten Altersperioden angehören. 8, giebt die Zusammensetzung des älteren grobkörnigen, geschichteten Trappgesteines vom Esjagebirge, das, wo es mit Tuff- und Trappconglomerat wechselt, in mächtigen vertical gegen die Schichtung gerichteten Säulen gegliedert zu seyn pflegt. 9, ist ein ähnliches etwas dichteres Gestein, das, die nordöstlichen Küstenklippen der Insel Vidhey zusammensetzt. 10, ist ein dichtes, helleres, feinkörniges, massiges basaltähnliches Gestein, das den Palagonittuff des Hagafjall am rechten Ufer der Thjórðá unweit Stórinupr durchsetzt. 11, ist ein massiges nicht säulenförmig gegliedertes basaltartiges Gestein von Skardhsfjall bei Hekla, das, wie die dortigen Tuffhügel, parallel der Heklakette, gehoben ist, und das in einzelnen Höhlungen eine schlackige zerflossene Oberfläche zeigt. 12, ist von einem möglichst gleichförmig gemengten Handstück eines alten Lavastromes am Hekla. 13, endlich ist eine hellgraue mit Blasenräumen und Höhlungen erfüllte geflossene Lava, welche die Felswand von

Almannagjá zusammensetzt und deren Grundmasse aus einem innigen krystallinisch körnigen, gleichmäÙig vertheilten Gemenge von ungefähr gleichen Theilen eines feldspath-ähnlichen eisenfreien Silicats und eines dunklen eisenhaltigen besteht, in welchem letzteren sich kleine augitische, dem Olivin auf das Täuschendste gleichende Aussonderungen erkennen lassen.

	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Kieselerde	50,05	47,48	49,17	47,69	49,37	47,07
Thonerde	18,78	13,75	14,89	11,50	16,81	12,96
Eisenoxydul	11,69	17,47	15,20	19,43	11,85	16,65
Kalkerde	11,66	11,34	11,67	12,25	13,01	11,27
Magnesia	5,20	6,47	6,82	5,83	7,52	9,50
Kali	0,38	0,60	1,67	0,48	0,20	0,58
Natron	2,24	2,89	0,58	2,82	1,24	1,97
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00.

Da der Sauerstoff der Kieselerde zu dem der Basen sich hier mit geringen Schwankungen im Mittel wie 3:1,998 verhält, so lassen sich alle diese Gesteine, wenn man nur ihre Gesamtmasse, abgesehen von deren Gruppierung zu Fossilien von bestimmter Zusammensetzung, ins Auge faßt als ein gleichbleibendes Gemenge zweifach basischer Silicate betrachten.

Das Verhältniß der Kieselerde zu dem Kalk und der Magnesia ist fast immer ein völlig constantes, während das Verhältniß der Thonerde zum Eisenoxydul bedeutenderen Schwankungen unterliegt. Der Grund davon ist leicht erklärlich. Es fehlt nicht an bekannten Erscheinungen, die darüber Aufschluß geben können. Das in Blei gelöste Silber scheidet sich in dem zuerst erstarrenden Metall in einem anderen Verhältniß aus als später, und eine umgeschmolzene güldische Silberbarre zeigt niemals durch ihre ganze Masse einen gleichen Goldgehalt. Dieselbe Ungleichheit wiederholt sich in erstarrenden Silicatgemengen. Zuerst scheiden sich die leichter festwerdenden Gemengtheile aus, nach ihnen die schwieriger gestehenden, ohne dafs man dabei an eine Mitwirkung der Krystallisationskraft zu den-

ken braucht. Es kann daher nicht auffallend erscheinen, wenn ein ursprünglich homogen geschmolzenes Gestein im Anfang des Erstarrens reicher an Eisenoxydul und ärmer an Thonerde, später bei dem weiteren Festwerden reicher an Thonerde und ärmer an Eisenverbindung wird. Dafs dies wirklich der Fall ist, davon kann man sich leicht durch directe Beobachtungen überzeugen.

Es ist in der That eine in Island nicht ungewöhnliche Erscheinung, dafs sich erhebliche Verschiedenheiten am oberen und unteren Ende ein und derselben unzersetzten Trachytsäule zeigen, die inmitten einer ausgedehnten Gebirgsmasse ansteht. Das untere graue Ende einer solchen Säule aus den Umgebungen von Kalmanstunga zeigte die Zusammensetzung 14, das entgegengesetzte weisse die Zusammensetzung 15.

	14.	15.
Kieselerde	72,74	71,49
Thonerde	10,53	12,71
Eisenoxydul	6,57	4,27
Kalkerde	2,47	1,24
Magnesia	1,51	0,08
Kali	3,00	3,35
Natron	2,33	3,73
Wasser	2,30	2,79
	<u>101,45</u>	<u>99,66.</u>

In ähnlicher Weise zeigt oft ein und dieselbe Gesteinsmasse in Abständen von Füssen erhebliche Verschiedenheiten im relativen Verhältniß von Kali und Natron.

Haben diese Schwankungen wirklich ihren Grund in einer ungleichen durch Temperatur und Druckverhältnisse bedingten Ausscheidung, so begreift man leicht, dafs die Abnahme des einen Gemengtheils die Zunahme des andern zur Folge haben mufs, die Summe beider also nur wenig variiren kann. Die sämmtlichen oben angeführten Analysen zeigen dies in der That. Die Gleichheit stellt sich wieder her, wenn man die vorzugsweise schwankenden Bestandtheile summirt.

	16.	17.	18.	19.	20.	21.	
Kieselerde	50,05	47,48	49,17	47,69	49,37	47,07	
Thonerde und Eisenoxydul	30,47	31,22	30,09	30,93	28,66	29,61	
Kalkerde	11,66	11,34	11,67	12,25	13,01	11,27	
Magnesia	5,20	6,47	6,82	5,83	7,52	9,50	
Kali	0,38	0,60	1,67	0,48	0,20	0,58	
Natron	2,24	2,89	0,58	2,82	1,24	1,97	
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00.	
	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.
Kieselerde	75,91	77,92	75,29	78,95	76,42	76,38	75,77
Thonerde u. Eisenoxydul	13,62	13,33	15,54	13,13	14,67	15,12	14,14
Kalkerde	1,56	0,76	1,01	1,84	1,53	1,76	1,82
Magnesia	0,76	0,13	0,03	0,14	0,20	0,40	0,25
Kali	5,64	3,27	5,42	1,76	1,94	1,88	2,46
Natron	2,51	4,59	2,71	4,18	5,24	4,46	5,56
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00.

Nimmt man das Mittel aus diesen Analysen, die sich noch durch eine große Zahl anderer vermehren ließen, so erhält man Zusammensetzungen, welche nur wenig von den einzelnen Versuchen abweichen, und die man als Durchschnittswerthe für die Zusammensetzung der beiden großen Gesteinsquellen, der normaltrachytischen und der normalpyroxenischen, betrachten kann, jener beiden Gesteinsquellen also, aus denen einerseits die aller sauersten und andererseits die aller basischsten Gesteinsmassen Islands entsprungen sind, nämlich:

	Normaltrachytische Zusammensetzung.	Normalpyroxenische Zusammensetzung.
	29.	30.
Kieselerde	76,67	48,47
Thonerde und Eisenoxydul	14,23	30,16
Kalkerde	1,44	11,87
Magnesia	0,28	6,89
Kali	3,20	0,65
Natron	4,18	1,96
	100,00	100,00.

Es ergibt sich daraus zugleich das mittlere Verhältniß des Sauerstoffs der Säure zu dem Sauerstoff der Basen, für die trachytische Gesteinsmasse wie 3:0,596, und für die pyroxenische wie 3:1,998. Alle übrigen unveränderten Gesteine Islands, die diesen beiden Gruppen nicht unmittelbar angehören, zeigen eine solche Zusammensetzung, daß deren Sauerstoffgehalt in den Basen für 3 Sauerstoff in der Säure stets zwischen 0,579 und 1,948 schwankt. Man begegnet hier also ausschließlich nur einem Verhältniß, wie es Verschmelzungsgebilden aus jenen beiden extremen Gliedern zukommt. Es bietet sich daher unmittelbar die Frage dar, ob in der That die noch nicht metamorphosirten Gesteine Islands durch eine solche Verschmelzung entstanden sind, oder mit anderen Worten, ob es nicht mehr als zwei gesonderte große Heerde waren, die dort das Spiel der plutonischen Thätigkeit von seinem ersten Beginn an bis auf den heutigen Tag unterhalten haben. Diese Frage ist einer directen Lösung fähig:

Bezeichnet man mit S die Procente der Kieselerde in einem Mischlingsgestein, mit s den Procentgehalt an Kieselerde in der normaltrachytischen, und mit σ denselben Procentgehalt in der normalpyroxenischen Gesteinsmasse, so ist $\frac{s-S}{S-\sigma} = \alpha$ (1.), worin α die Menge der normalpyroxenischen Masse bedeutet, die mit einem Gewichtstheil der normaltrachytischen Masse gemischt werden muß, um die Zusammensetzung des fraglichen Mischlingsgesteins zu geben. Es läßt sich dieß α zwar aus jedem der Gesteinsbestandtheile berechnen, man wählt dazu aber am zweckmäßigsten die Kieselerde, weil diese am Genauesten bestimmt werden kann, und den am meisten variirenden Bestandtheil in den Gesteinen bildet. Durch den so gefundenen Werth von α sind nun aber die sämtlichen übrigen Bestandtheile des Mischlingsgesteins bestimmt. Denn nennt man das Gewicht der einzelnen Bestandtheile in einem Gewichtstheil des normalpyroxenischen Gesteins p_0, p_1, \dots, p_n , und ebenso das Gewicht derselben Bestandtheile in der Ein-

heit des normalen trachytischen Gesteins t_0, t_1, \dots, t_n , so ergibt sich der Werth aller übrigen Bestandtheile des Mischlingsgesteins aus der Gleichung:

$$(2) \quad 1 = \frac{(\alpha p_0 + t_0)}{(\alpha + 1)} + \frac{(\alpha p_1 + t_1)}{(\alpha + 1)} + \dots + \frac{\alpha p_n + t_n}{(\alpha + 1)}.$$

Bestehen daher wirklich in Island nur zwei grofse plutonische Heerde, welche die vulcanische Thätigkeit von ihrem ersten Anbeginn bis auf die gegenwärtige Zeit unterhalten haben, und hat der Inhalt dieser Heerde wirklich die Zusammensetzung, welche den oben betrachteten extremsten Gliedern zukommt, so ist die Zusammensetzung aller nicht metamorphischen Gebirgsarten Islands durch einen ihrer Bestandtheile, am besten den Procentgehalt an Kieselerde, bestimmt. Es lassen sich dann zugleich alle Gebirgsarten, welche möglicher Weise vorkommen können, ihrer Zusammensetzung nach theoretisch voraus bestimmen. Die nachstende Tabelle giebt eine solche mit Hülfe der eben entwickelten Formeln berechnete Uebersicht dieser theoretisch möglichen Gesteine, deren fehlende Glieder leicht durch Interpolation ergänzt werden können.

Läfst sich eine Uebereinstimmung dieser Zahlen mit der Zusammensetzung aller ursprünglichen, noch nicht von einer chemischen Metamorphose ergriffenen Gebirgsarten Islands nachweisen, so wird man es als ausgemacht betrachten können, daß alle diese Gebilde nur Mischungsproducte jener sauern und basischen Endglieder, oder diese Endglieder selbst sind, und daß die große mineralogische und petrographische Verschiedenheit, in der sich die Gesteine darstellen, eben nur Folge des jedesmaligen Mischungsverhältnisses und der obwaltenden physikalischen Bedingungen ist, unter denen das Gestein seine jetzige Lagerstätte und Gestalt erlangte. Unter der großen Zahl von Analysen isländischer Gebirgsarten, die in meinem Laboratorium ausgeführt sind, findet sich auch nicht eine, deren Zusammensetzung von der auf die angedeutete Weise theoretisch berechneten bedeutender abweiche, als sich bei einer solchen, nur auf Durchschnittsanalysen gestützten Berechnung erwarten läßt. Für einen Hornblende- und Orthoklaskry-
stalle enthaltenden körnigen weißgrauen Trachyt von Oxnadalr im Norden Islands ergab der Versuch (31) und die Rechnung:

	Gefunden: 31.	Berechnet:
Kieselerde	73,57	73,57
Thonerde und Eisenoxydul	17,19	15,89
Kalkerde	1,41	2,58
Magnesia	0,81	1,01
Kali	2,19	2,92
Natron	4,83	3,93
	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>

Die Rechnung fordert auf 1,0 Trachytmasse 0,1325 Pyroxenmasse. Ein anderes dichtes graues, kleine Zeolithdrusen mit Grünerde enthaltendes, massig oder säulenförmig zerklüftetes Pyroxengestein von Reyjadálr Föfs, einem kleinen Wasserfalle, welchen die Nordbrá bei Hvammfr bildet, zeigt eine noch größere Uebereinstimmung (32).

	32.	Berechnet:
Kieselerde	51,75	51,75
Thonerde und Eisenoxydul	28,39	28,31
Kalkerde	10,49	10,65
Magnesia	5,90	6,13
Kali	1,01	0,96
Natron	2,46	2,20
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Die Rechnung verlangt auf 1,0 Trachytmasse 7,597 Pyroxenmasse. Ein dichtes schwarzgraues Gestein, mit im Kleinen unbestimmt eckigem, im Großen muschligem Bruch, und sehr gleichförmig krystallinisch-körniger Beschaffenheit, aus den Umgebungen von Kalmanstunga, die für das Studium der Mischlingsgesteine besonders lehrreich sind, gab (33):

	33.	Berechnet:
Kieselerde	53,08	53,08
Thonerde und Eisenoxydul	28,70	27,57
Kalkerde	9,92	10,16
Magnesia	5,32	5,81
Kali	0,61	1,06
Natron	2,37	2,32
	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>

Das berechnete Verhältniß ist hier auf 1,0 Trachytmasse 5,117 Pyroxenmasse.

Für einen von Damour untersuchten Trapp (Klingstein?) von Eskifjörður gab der Versuch (34) und die Rechnung:

	34.	Berechnet:
Kieselerde	66,12	66,12
Thonerde und Eisenoxydul	24,05	20,70
Kalkerde	3,24	5,34
Magnesia	0,46	2,76
Kali	1,29	2,24
Natron	4,84	3,34
	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>

Dem Gestein entspricht einem Gemisch von 1,0 Trachytmasse und 0,5991 Trappmasse.

Ein in Platten abgesonderter Klingstein von Klettberg bei Kalmanstunga gab:

	35.	Berechnet.
Kieselerde	73,37	73,37
Thonerde und Eisenoxydul	16,25	16,09
Kalkerde	2,49	2,66
Magnesia	1,52	1,05
Kali	3,01	2,90
Natron	2,35	3,93
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Das Verhältniß der normalen trachytischen und pyroxenischen Masse ist hier 1 : 0,1325.

Viele andere Analysen dieser Art, bei denen sich bald eine etwas größere Abweichung, bald noch eine nähere Uebereinstimmung in dem Resultate des Versuchs und der Rechnung ergibt, führen zu demselben Schlufs.

Aber wollte man selbst nach diesen Beispielen noch an dem innern Zusammenhange der auf Island im unveränderten Zustande auftretenden Gesteine zweifeln, so würden diese Zweifel vor den Beobachtungen weichen müssen, die sich an vielen trachytischen und basaltischen Gangdurchsetzungen anstellen lassen. Hier vermag man nämlich eine Verschmelzung jener sauern und basischen Endglieder nicht nur durch die Analyse nachzuweisen, sondern man nimmt sie sogar direct durch den Augenschein wahr. In einem der südöstlichen Thaleinschnitte des Esjagebirges, Mosfell gegenüber, zeigt sich, um nur ein Beispiel anzuführen, das dortige conglomeratische Pyroxengestein von einem Trachytgang durchsetzt, der in seinem Innern aus einem reinen weissen Gestein besteht, und nach der umschliessenden Gebirgsart hin allmählig dunkler und eisenhaltiger wird. Die Analyse gab, ohne Rücksicht auf den von besonderen Einflüssen bedingten Wassergehalt, für das Gestein im Innern des Ganges (36), für das dem Saalbande näher liegende (37), und für die den Gang zunächst umschliessende Gebirgsart (38):

	36.	37.	38.
Kieselerde	78,95	66,18	50,25
Thonerde	7,71	9,74	12,55
Eisenoxydul	4,32	12,05	16,13
Kalkerde	1,55	4,49	11,10
Magnesia	0,42	3,04	7,59
Kali	2,48	0,94	0,34
Natron	4,57	3,56	2,04
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Eine Vergleichung mit den früher gegebenen Durchschnittsanalysen zeigt, daß das innere Ganggestein fast genau die Zusammensetzung der reinen normaltrachytischen, das umschließende Gestein dagegen die Zusammensetzung der normalpyroxenischen Masse besitzt, und daß die dem angränzenden Gestein näher liegende Substanz des Ganges ein Verschmelzungsprodukt beider, und zwar ein Gemenge von 0,5923 Pyroxenmasse mit 1,0 Trachyt ist, für das sich die nachstehend berechnete nahe mit der gefundenen stimmende Zusammensetzung ergibt:

	39.	
	Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	66,18	66,18
Thonerde und Eisenoxydul	21,79	20,15
Kalkerde	4,49	5,32
Magnesia	3,04	2,74
Kali	0,94	2,25
Natron	3,56	3,36
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Bei näherer Untersuchung findet man in der That die deutlichsten Spuren einer seitlichen Schmelzung des Nebengesteins mit dem Gange, die von dem Contact aus nach dem Innern hin allmählig abnimmt, dem mittleren Theil des Ganges aber nicht erreicht. Diese Beobachtungen und Versuche zeigen, daß man sich die chemischen Mittelglieder zwischen dem sauern und basischen Endgesteinen der Isländischen Gebirgsarten nicht gerade als gleichzeitige und gemeinschaftliche Ergüsse jener beiden großen plutonischen

Heerde zu denken hat, sondern dafs es auch die bereits vollendeten Gebirgsbildungen seyn konnten, welche während der Durchbrechungen und Injectionen das Material zur Bildung der Mischlingsgesteine hergaben.

Wendet man dies Gesetz der Gesteinsbildungen auf die Lavaströme der Isländischen Vulcane an, so begegnet man hier einer Bestätigung desselben. Die Endglieder und die durch diese bestimmten Mischlingsgesteine fehlen auch bei diesen jüngsten Ergüssen nicht. Die furchtbaren Lavaströme, welche die palagonitischen Hügelketten des Krafla und Leirhnúkr zersprengt haben, bieten dafür den sprechendsten Beweis. Der Hekla nicht minder. Nur tritt das Gesetz hier weniger ungetrübt hervor, weil die von jenen Strömen durchbrochenen Vulcane aus dem metamorphischen Gebilde des Palagonittuffs bestehen, der zwar eine mit der normalen Trappmasse übereinstimmende Zusammensetzung zeigt, aber in den Verhältnissen seiner Gemengtheile gröfseren Schwankungen unterworfen ist. Die schon aus diesem Umstande erklärlichen Abweichungen werden dadurch noch gröfser, dafs für die Untersuchung nur kleine Handstücke benutzt werden konnten, welche gesonderte nicht sehr gleichmäfsig gemengte feldspathige Einmengungen enthielten. Defsungeachtet tritt das Gesetz doch noch unverkennbar hervor.

Die schwarzgraue steinige Lava von Hrafninnuhriyggr (38) am südöstlichen Fufse des Krafla und der damit bänder- und lagenweis wechselnde Obsidian (39) hat genau die Zusammensetzung der normalen Trachytmasse.

	40.	41.
Kieselerde	75,12	75,28
Thonerde	11,34	10,22
Eisenoxydul	3,92	4,24
Kalkerde	1,73	1,81
Magnesia	0,39	0,25
Kali	1,85	2,44
Natron	4,39	5,53
Wasser	0,41	0,23
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00.

Der-

Derselben Zusammensetzung nähert sich die Masse der Obsidianströme, welche am nordöstlichen Abhange des Hekla auftreten. Sie entsprechen einem Gemenge von 1,0 Trachyt- und 0,2325 Pyroxenmasse.

	42. Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	71,35	71,35
Thonerde und Eisenoxydul	17,33	17,32
Kalkerde	1,24	3,41
Magnesia	0,19	1,53
Kali	4,23	2,73
Natron	5,66	3,75
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Das basische Endglied findet sich in der Substanz des großen Lavastromes repräsentirt, welcher sich WNW von diesem Vulcan bis zu den Ufern der Thjorsá ergossen hat.

	43. Gefunden.	Berechnet.
Kieselsäure	49,60	48,47
Thonerde und Eisenoxydul	28,81	30,16
Kalkerde	13,07	11,87
Magnesia	7,56	6,89
Kali	0,20	0,65
Natron	1,24	1,96
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Die Laven vom westlichen Fulse des Hekla, welche Dr. Genth in meinem Laboratorium untersucht hat, stellen sich als die Mischlingsgesteine dieser Endglieder dar, wie die nachstehenden Analysen zeigen:

	Lava bei Háls. 44.		Efravolslava. Heklaasche von 1845. 45.		46.	
	Gefund.	Berechn.	Gefund.	Berechn.	Gefund.	Berechn.
Kieselerde	55,95	55,95	59,45	59,45	56,76	56,76
Thonerde u.						
Eisenoxydul	29,83	25,93	27,68	23,96	27,47	25,48
Kalkerde	6,54	9,10	5,50	7,80	6,75	8,79
Magnesia	4,21	5,14	2,38	4,32	4,04	4,95
Kali	0,96	1,33	1,43	1,65	2,63	1,40
Natron	2,51	2,55	3,56	2,82	2,35	2,62
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>
	1 Trachyt + 2,77 Pyroxengestein.		1 Trachyt + 1,568 Pyroxengestein.		1 Trachyt + 2,402 Pyroxengestein.	

Die Reihenfolge dieser Analysen entspricht der Aufeinanderlagerung der untersuchten Ströme von den ältern bis zum jüngsten aufwärts. Man sieht daraus, daß die Zuflüsse der beiden plutonischen Gesteinsheerde, welche die Thätigkeit des Vulcans unterhalten, ebenso reggellos sind, als diese Thätigkeit selbst. Bei dem Lavastrom der Thjorsá hat der pyroxenische Heerd allein gewirkt, bei der Lava von Háls überwog der pyroxenische den trachytischen. Bei der Efrahvolslava tritt der entgegengesetzte Fall ein, und bei der jüngsten im Jahre 1845 erfolgten Eruption herrscht wieder der pyroxenische gegen den trachytischen vor.

Die große Uebereinstimmung, welche sich überall auf der Erdoberfläche in den Gebirgsmassen der Vulcanperiode ausspricht, berechtigt zu der Vermuthung, daß diese Processe der vulcanischen Gesteinbildung nicht auf Island allein beschränkt sind. Eine Anzahl in meinem Laboratorium ausgeführter Analysen von analogen Gebirgsarten anderer Gegenden zeigen, daß dieß in der That der Fall ist. Das vulcanische System des Armenischen Hochlandes ist in dieser Beziehung besonders merkwürdig. Die Durchschnittsanalysen dortiger Gebirgsarten, welche wir den trefflichen Arbeiten Abich's verdanken, geben auch dort für die sauern trachytischen Endglieder genau dieselbe Zusammensetzung, welche die Isländischen zeigen:

	Normale Trachytmasse von Island.	Dasselbe aus dem Armenischen Hochlande ¹⁾ .			
		47.	48.	49.	50.
Kieselerde	76,67	77,27	77,60	77,42	76,66
Thonerde u.					
Eisenoxydul	14,23	14,14	13,72	14,83	15,17
Kalkerde	1,44	1,31	1,40	2,73	1,25
Magnesia	0,28	?	?	?	?
Kali	3,20	2,44	2,30	4,32	2,94
Natron	4,18	4,15	4,21		3,52
Glühverlust	0,00	0,51	0,61	0,57	1,12

1) Ueber die geolog. Natur des Armen. Hochlandes von Dr. H. Abich. Dorpat 1843.

47) Brauner Obsidian vom kleinen Ararat. 48) Obsidianporphyr vom großen Ararat. 49) Obsidian vom Kiotangday. 50) Diorit-ähnlicher Porphyr von Besobdal.

Diese Uebereinstimmung zeigt sich aber nicht allein in dem sauern Endgliede der Gesteinsreihe, sondern sie tritt noch schärfer in den Mischlingsgebilden derselben hervor. Ein dichter schwarzer Basalt von den Quellen des Euphrat, den Hr. Jäckel in meinem Laboratorium analysirt hat, entspricht einem Gemenge von 1 trachytischer und 0,7332 pyroxenischer Masse:

	51. Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	64,76	64,74
Thonerde und Eisenoxydul	22,31	20,99
Kalkerde	5,13	5,84
Magnesia	1,91	3,07
Kali	2,51	2,12
Natron	3,38	3,24
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Ebenso schliessen sich die sämtlichen übrigen Analysen, welche Abich in seiner Arbeit mittheilt, auf eine überraschende Weise dem Gesetze an:

Gipfelgestein vom großen Ararat.

	52. Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	70,14	70,14
Thonerde und Eisenoxydul	18,17	17,92
Kalkerde	4,72	3,85
Magnesia	1,00	1,71
Kali	1,47	2,61
Natron	4,50	3,67
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

1 Trachyt und 0,3013 Pyroxengestein.

Dunkelgraues Gipfelgestein des Kasbeck.

	53. Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	69,77	69,77
Thonerde und Eisenoxydul	18,27	18,13
Kalkerde	5,13	3,99
Magnesia	1,65	1,89
Kali und Natron	5,18	6,22
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

1 Trachyt und 0,3239 Pyroxengestein.

Rothbraunes Gipfelgestein des Kasbek.

	54. Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	70,97	70,97
Thonerde und Eisenoxydul	18,13	17,45
Kalkerde	4,24	3,55
Magnesia	1,54	1,62
Kali und Natron	5,12	6,41
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

1 Trachyt und 0,2533 Pyroxengestein.

Gipfelgestein des Elbruz.

	55. Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	69,65	69,63
Thonerde und Eisenoxydul	19,85	18,25
Kalkerde	4,40	4,02
Magnesia	2,27	1,92
Kali und Natron	3,83	6,18
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

1 Trachyt und 0,3314 Pyroxengestein.

Araratgestein.

	56. Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	65,96	65,96
Thonerde und Eisenoxydul	22,18	20,28
Kalkerde	4,27	5,39
Magnesia	2,13	2,79
Kali	1,34	2,23
Natron	4,12	3,34
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

1 Trachyt und 0,6124 Pyroxengestein.

Porphyrtiges dichtes Araratgestein.

	57. Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	65,27	65,27
Thonerde und Eisenoxydul	20,88	20,67
Kalkerde	6,57	5,65
Magnesia	3,47	2,96
Kali und Natron	3,81	5,45
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

1 Trachyt und 0,6786 Pyroxengestein.

Etwas zersetztes poröses Araratgestein

58.

	Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	65,39	65,39
Thonerde und Eisenoxydul	22,65	20,61
Kalkerde	7,40	5,61
Magnesia	3,00	2,92
Kali und Natron	1,56	5,47
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

1 Trachyt und 0,6666 Pyroxengestein.

Unbestimmtes krystallinisches Gestein zwischen Keschet und Kobi.

59.

	Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	61,25	61,25
Thonerde und Eisenoxydul	25,72	22,95
Kalkerde	6,27	7,14
Magnesia	3,77	3,89
Kali und Natron	2,99	4,77
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

1 Trachyt und 1,207 Pyroxengestein.

Abich führt nur eine Gebirgsart in seiner Abhandlung auf, deren Zusammensetzung sich der normalpyroxenischen Grundmasse mehr nähert. Es ist dies ein mandelsteinartiger Basalt vom Ararat, der als aus 1 Trachyt und 3,427 Pyroxenmasse zusammengesetzt betrachtet werden kann, nämlich:

60.

	Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	54,84	54,84
Thonerde und Eisenoxydul	27,96	26,56
Kalkerde	9,28	9,51
Magnesia	3,72	5,39
Kali und Natron ¹⁾	4,20	3,70
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Lässt sich demnach einerseits aus der Zusammensetzung der Isländischen Gebirgsarten die der Kaukasischen ableiten, wenn nur der Procentgehalt an Kieselerde in den

1) Diese Alkalien sind aus dem Verluste bestimmt.

letzteren bekannt ist, so bieten die Gesteine der Kaukasischen Vulcane andererseits schon an und für sich die Möglichkeit dar, aus den dort auftretenden sauern Endgliedern, im Verein mit den sie begleitenden basischen Gebilden, durch Rechnung die Zusammensetzung der pyroxenischen Grundmasse zu finden, welche den nicht trachytischen Heerd der vulcanischen Gesteinsbildungen daselbst erfüllten. Die einzelnen Bestandtheile einer solchen Grundmasse ergeben sich leicht mittelst der aus der Formel (2) abgeleiteten Gleichung:

$$\frac{(a-1)A_n - t_n}{a} = p_n$$

worin A_n die einzelnen Bestandtheile eines Mischlingsgesteins in Procenten ausdrückt. Diese Formel giebt aus leicht begreiflichen Gründen um so genauere Resultate, je mehr sich A_n von dem numerischen Werthe der normaltrachytischen Zusammensetzung entfernt. Diefs ist nur bei der Analyse (60) der Fall. Berechnet man daher aus dieser die Werthe von p_n , so ergibt sich:

	Kaukasus.	Island.
	Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	48,47	48,47
Thonerde und Eisenoxydul	31,97	30,16
Kalkerde	11,56	11,87
Magnesia	4,72	6,89
Alkalien	3,28	2,61
	100,00	100,00.

Man kann daher nicht daran zweifeln, dafs die beiden grofsen vulcanischen Erhebungen, welche das Armenische Hochland und die Insel Island zusammensetzen aus *chemisch* gleichen Quellen geflossen sind. Der Gedanke, dafs vielleicht alle vulcanischen Bildungen der Erdoberfläche aus denselben Quellen ihren Urprung genommen haben, ja dafs es vielleicht eben diese Quellen sind, aus denen alle eisenfreien und eisenhaltigen plutonischen Gebirgsarten durch Verschmelzung entstanden sind, liegt um so weniger fern, als die mineralogische Verschiedenheit der, gleiche

Durchschnittszusammensetzung zeigenden, Kaukasischen und Isländischen Gebirgsarten nicht geringer ist, als wir sie bei den übrigen eisenhaltigen Gebirgsarten plutonischen Ursprungs antreffen. Es wird daher von großem Interesse seyn, die genetischen Beziehungen der älteren Gebilde in ähnlicher Weise zu verfolgen, wie ich es für die vulcanischen versucht habe. Man wird dazu nur die umfangreichen und mächtig entwickelten Gebirgssysteme wählen dürfen, um die Störungen zu vermeiden, welche aus dem Contact der chemisch metamorphisirten exogenen Gebirgsmassen mit den plutonischen entstehen könnten. Denn solche Störungen zeigen sich selbst schon da, wo die vulcanischen Gesteine in isolirteren Erhebungen aus kalkigen oder kieseligen Flötzgebirgen hervorgebrochen sind.

Es würde nach diesen Betrachtungen noch übrig bleiben den Zusammenhang nachzuweisen, in welchen die eben betrachtete Bildungsweise der Isländischen und Kaukasischen Gesteine mit ihrer mineralogischen Natur steht. Die interessanten Beziehungen, welche sich aus einer solchen Untersuchung ergeben, führen indessen zu weit, um sie in dieser kurzen Uebersicht verfolgen zu können. Ihre Betrachtung mag daher der ausführlicheren Bearbeitung dieses Gegenstandes vorbehalten bleiben.

II. Genetische Beziehungen der metamorphischen Gebilde.

1. Palagonitische Gesteine.

Bei weitem interessanter als die unveränderten Gesteine sind die metamorphischen Bildungen, welche einen nicht unerheblichen Theil der Feste von Island zusammensetzen. Als das merkwürdigste Glied derselben ist vor Allem das palagonitische Tuffgebirge zu nennen, welches aus einem Gemenge von wasserfreien und wasserhaltigen Silicaten besteht. Die ersteren, die wasserfreien, gehören ausschließlich dem eben betrachteten pyroxenischen Gebirge an und sind niemals von trachytischen Einschlüssen begleitet, oder wohl gar verdrängt; die letzteren, die wasserhaltigen Sili-

cate dagegen, welche gewöhnlich als Bindemittel die wasserfreien Trümmergesteine zu Conglomeraten verkitten, können wieder als Gemenge oder Verbindungen zweier Silicate betrachtet werden, von denen das eine der Formel $R_3\ddot{S}i_2 + aq$ und das andere der Zusammensetzung $\ddot{A}l_3\ddot{S}i + aq$ entspricht. Beide Glieder scheinen sich in bestimmten Verhältnissen mit einander zu verbinden. Wenigstens glaube ich den Palagonit, für den ich die Formel $R_3\ddot{S}i_2 + 2\ddot{A}l\ddot{S}i + aq$ aufgestellt habe, so wie eine in den Tuffen der Chatham-Insel des Galapagos-Archipels vorkommende Verbindung, für die ich die Zusammensetzung $R_3\ddot{S}i_2 + \ddot{A}l\ddot{S}i + aq$ fand, als solche betrachten zu müssen.

Ohne schon jetzt in dieser kurzen Uebersicht auf eine specielle Betrachtung der einzelnen Glieder des Tuffgebirges näher einzugehen, mag nur die Bemerkung hier einen Platz finden, daß die Palagonitsubstanz als charakteristischer Gemengtheil dieser Bildungen überall aufzutreten scheint, wo die pyroxenischen Gesteine der Vulcanenperioden besonders entwickelt sind. Man findet sie ausser auf Island, wo sie in größter Verbreitung vorkommt, in in den bedeutenderen Basalterhebungen von Deutschland und Frankreich, in den Euganeen, am Aetna, auf den Azoren und Canarien, auf den Capverdischen Inseln, auf den Schildkröten-Inseln und wahrscheinlich auch auf den vulcanischen Inselgruppen der Südsee. Die nachstehenden Analysen geben eine Idee von dem Grade der Uebereinstimmung, welche dieses so allgemein verbreitete Bindemittel der vulcanischen Tuffe in seiner Zusammensetzung zeigt:

Isländischer Seljadahl.

	61.	Gefunden O.	Berechnet O.
Kieselerde	37,42	19,43	19,44
Thonerde	11,17	9,47	9,72
Eisenoxydul	14,18		
Kalkerde	8,76	5,12	4,86
Magnesia	6,04		
Kali	0,69		
Natron	0,65		
Wasser	17,15		
fremd. Rückstd.	4,11		
	<u>100,17.</u>		

Isländischer Trollkonugil beim Hekla.

	62.	Gefunden O.	Berechnet O.
Kieselerde	39,98	21,16	19,96
Thonerde	8,26	9,16	9,98
Eisenoxydul	17,65		
Kalkerde	8,48	4,62	4,99
Magnesia	4,45		
Kali	0,43		
Natron	0,61		
Wasser	18,25		
fremd. Rückstd.	1,89		
	<u>100,00.</u>		

Isländischer Palagonitsandstein bei Reykjahildh.

	63.	Gefunden O.	Berechnet O.
Kieselerde	35,09	18,57	18,31
Thonerde	10,60	9,05	9,16
Eisenoxydul	13,65		
Kalkerde	4,83	4,11	4,58
Magnesia	7,07		
Kali	0,25		
Natron	0,50		
Wasser	17,25		
fremd. Rückstd.	11,13		
	<u>100,00.</u>		

Isländischer Laugarvatnshellir.

	64.	Gefunden O.	Berechnet O.
Kieselerde	40,38	21,37	20,38
Thonerde	10,79	9,10	10,19
Eisenoxydul	13,52		
Kalkerde	8,56		
Magnesia	6,35	5,19	5,09
Kali	0,64		
Natron	0,61		
Wasser	16,98		
fremd. Rückstd.	2,32		
	100,16.		

Isländischer Krisuvik.

	65.	Gefunden O.	Berechnet O.
Kieselerde	37,95	20,09	20,60
Thonerde	13,61	10,49	10,30
Eisenoxydul	13,75		
Kalkerde	6,48		
Magnesia	7,13	5,47 ')	5,15
Kali	0,42		
Natron	1,72		
Phosphorsäure	0,43		
Wasser	12,68		
fremd. Rückstd.	7,25		
	100,419.		

Isländischer Naefrholt beim Hekla.

	66.	Gefunden O.	Berechnet O.
Kieselerde	32,86	17,39	17,65
Thonerde	7,31	8,47	8,83
Eisenoxydul	16,81		
Kalkerde	6,80		
Magnesia	6,13	5,03	4,41
Kali	0,79		
Natron	1,98		
Wasser	11,38		
fremd. Rückstd.	16,36		
	100,42.		

1) Nach Abzug des dem kohlensauren und phosphorsauren Salze entsprechenden Sauerstoffs.

Isländischer Versteinerungsführender Tuff von Folsvogr.

	67.	Gefunden O.	Berechnet O.
Kieselerde	28,53	15,03	15,20
Thonerde	9,29	7,12	7,60
Eisenoxydul	9,40		
Kalkerde	6,02		
Magnesia	5,60	4,34	3,80
Kali	0,96		
Natron	0,84		
Wasser	7,61		
fremd. Rückstd.	31,05		
	<u>99,27.</u>		

Isländisches Geröll aus der Laxá bei Hrúni.

	68.	Gefunden O.	Berechnet O.
Kieselerde	37,11	19,64	18,74
Thonerde	9,78	8,97	9,37
Eisenoxydul	14,67		
Kalkerde	4,99		
Magnesia	5,61	3,93	4,68
Kali	1,57		
Natron	0,00		
Wasser	14,04		
fremd. Rückstd.	12,24		
	<u>100,00.</u>		

Galapagos, Gangartige Ausfüllung.

	69.	Gefunden O.	Berechnet O.
Kieselerde	37,83	19,64	19,24
Thonerde	12,95	9,03	9,62
Eisenoxydul	9,93		
Kalkerde	7,49		
Magnesia	6,54	5,00	4,81
Kali	0,94		
Natron	0,70		
Wasser	23,00		
fremd. Rückst.	0,96		
	<u>100,34.</u>		

Sauerstoff in Si und d. Basen

	3:2,033	3:1,703	3:1,992	3:1,906	3:1,835	3:2,178	3:2,039	3:2,000	3:1,746
Kieselerde	48,29	51,20	50,18	49,69	50,71	47,63	46,29	47,78	51,36
Thonerde u.									
Eisenoxyd.	30,88	30,92	29,03	32,41	28,99	32,61	31,60	29,72	31,80
Kalkerde	11,31	10,85	9,94	10,01	10,75	8,14	9,58	10,09	6,91
Magnesia	7,79	5,70	8,68	6,83	7,98	8,95	8,64	9,39	7,76
Kali	0,88	0,55	0,93	0,35	0,81	0,52	1,11	1,61	2,17
Natron	0,85	0,78	1,24	0,71	0,76	2,15	2,78	1,41	0,00
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Diese Analysen führen daher zu dem unerwarteten Ergebniss, dass die Substanz der geschmolzenen palagonitischen Silicate in ihrer Zusammensetzung fast ganz genau mit der normalpyroxenischen Gesteinsmasse übereinstimmt, nur dass hier etwas grössere Schwankungen in den relativen Verhältnissen der einzelnen Bestandtheile sichtbar sind. Das nachstehende Mittel aller dieser Analysen ist in der That, wenn man von dem unerheblich grösseren Magnesia-gehalt und der etwas geringern Kalkmenge absieht, kaum merklich von der normalpyroxenischen Zusammensetzung verschieden.

	Palagonit,	Normalpyroxenische Masse.
Kieselerde	49,24	48,47
Thonerde und Eisenoxydul	30,82	30,16
Kalkerde	9,73	11,87
Magnesia	7,97	6,89
Kali	0,99	0,65
Natron	1,34	1,96
	100,00	100,00

Das Sauerstoffverhältniss in der Säure und den Basen ist für den Palagonit 3:1,948 und für das Pyroxengestein 3:1,998, also völlig gleich und weniger verschieden als die Abweichungen in den einzelnen Analysen, aus denen diese Mittelwerthe gezogen sind. Aus diesem Grunde erhält man auch eine fast gleiche und oft mit der Rechnung noch näher stimmende Zusammensetzung der Mischlingsgesteine, wenn man statt der pyroxenischen die normalpalagonitische Zusammensetzung zum Grunde legt. Die um

das Mittel etwas mehr schwankende Zusammensetzung dieser Palagonitgebilde aber erklärt zugleich auf das Einfachste die kleinen Abweichungen, welche sich bei einzelnen in den palagonitreichen Districten Islands auftretenden Laven insofern zeigen, als darin der Kalkgehalt, der Palagonitzusammensetzung entsprechend, im Verhältniß zu dem etwas wachsenden Magnesiagehalt um ein Geringes abnimmt. Schon die mit den normalpyroxenischen Gesteinen fast völlig identische Constitution der palagonitischen Tuffe, die Abwesenheit von trachytischen Einschlüssen darin, und mehr noch ihre allmäligen Uebergänge in die fast wasserfreie Substanz der pyroxenischen Gesteine, welche man im Großen wie an den einzelnen Einschlüssen beobachten kann, machen es in hohem Grade wahrscheinlich, daß die Tuffbildung auf das Innigste mit der pyroxenischen Gesteinsbildung zusammenhängt. Beobachtungen, welche Darwin auf den Capverdischen Inseln angestellt hat, und die darauf bezüglichen Handstücke, welche ich der zuvorkommenden Güte dieses ausgezeichneten Naturforschers verdanke, haben mich zunächst auf die Spur der merkwürdigen Vorgänge geleitet, welche den palagonitischen Tuffbildungen zum Grunde liegen.

In den Umgebungen von Porto Praja kommt eine basaltische Lava vor, die sich über eine jüngere Kalkablagerung ergossen hat. Man sieht dort, daß die Lava im flüssigen Zustande auf den Kalk gewirkt, und sich von dem Wechsel der Gesteine aus mit Trümmernmassen der unten liegenden Kalkschicht, über die sie sich fortwälzte, erfüllt hat. Das Product dieser gegenseitigen Einwirkung ist ein breccienartiges Conglomerat, in welchem die veränderte Lava mit einer sehr reinen Masse von kohlensaurem Kalk durchmengt ist. Eine nähere Untersuchung dieses Gemenges, daß schon im Aeußern ganz das Ansehen einer im breiigen Zustande zusammengekneteten Masse besitzt, schließt jeden Gedanken an eine spätere Infiltration der die Lavabrocken begleitenden Kalkmasse aus. Die chemische Veränderung, welche das Kalkgestein in Berüh-

nung mit der Lavamasse erzeugt hat, läßt über den Proceß der Palagonitbildung keinen Zweifel. Das Lavagestein ist nämlich da, wo es an die Kalkbrocken gränzt, in eine Masse verwandelt, die alle mineralogischen Merkmale und chemischen Reactionen des Palagonits darbietet, und diese durch allmähliche Uebergänge in das feste unzersetzte Gestein charakterisirte Metamorphose zeigt sich in dem Maasse entwickelter, als die Kalksubstanz gegen den andern Gemengtheil der Masse nach überwiegt. Die Untersuchung gab für diese metamorphosirte Lavasubstanz die nachstehende Zusammensetzung, welche sich von der des reinen Palagonits kaum unterscheidet.

	71.	Gefunden O.	Berechnet O.
Kieselerde	26,21	13,87	14,58
Thonerde	8,62	7,31	7,29
Eisenoxydul	10,96		
Kalkerde	4,79	4,33	3,65
Magnesia	9,44		
Kali	1,81		
Natron	2,85		
Kohlensäure	5,10		
Wasser	14,62		
Rückstand.	15,65.		

Ganz analoge, wiewohl nicht identische, Verhältnisse habe ich durch Beobachtungen und Versuche an unseren basaltischen Gängen, welche Kalkflötze durchsetzen, nachweisen können. Es zeigt daher die unmittelbare Beobachtung, daß Palagonitsubstanz bei höheren Temperaturen durch Einwirkung von Kalkerde auf pyroxenische Gesteine entstehen kann. Und in der That beweisen verschiedene Tuffe aus unsern Basaltgebirgen und von den Vulkanen der Schildkröteninseln, die ich zu untersuchen Gelegenheit gehabt habe, auf das Bestimmteste, daß einzelne Bildungen dieser Art wirklich auf solche Weise entstanden sind. Die folgende, auf das Innigste mit kohlensaurem Kalk ge-

1) Nach Abzug des Sauerstoffs der kohlensauren Salze.

menge, Krater-bildende Substanz eines Tuffs von der Chatham-Insel giebt einen Beweis dafür:

	72.	Gefunden O.	Berechnet O.
Kieselerde	34,516	18,27	17,54
Eisenoxydul	10,400	7,95	8,77
Thonerde	10,338		
Magnesia	7,801	4,49 ¹⁾	4,39
Kalkerde	4,788		
Kali	1,644		
Natron	1,525		
Phosphorsaurer Kalk	0,336		
Kohlensaurer Kalk	4,320		
Wasser	18,140		
Pyroxengestein	6,476.		

Geht die Bildung des Palagonits wirklich auf dem angedeuteten Wege vor sich, so muß dieses Fossil sich auch auf dieselbe Art künstlich darstellen lassen. Und dies gelingt in der That leicht, wenn man ein inniges Gemenge von 1 Theil geschlämmtem Basaltpulver mit 13 Theilen zerfallenen Kalk glüht und die so erhaltene Masse mit Wasser abschlämmt. Es wird dadurch ein mit Kalk gemengter Palagonit erhalten, der sich unter dem Mikroskop an seinen charakteristischen Eigenschaften erkennen läßt. Dafs indessen die meisten Palagonite und namentlich die Isländischen nicht aus einer solchen Wechselwirkung von Pyroxengestein auf Kalk hervorgegangen sind, läßt sich schon aus dem Umstande folgern, dafs kohlensaurer Kalk als Gemengtheil in den *unersetzten* Isländischen Palagoniten fast niemals vorkommt, und dafs der Kalkgehalt des Fossils selbst, auf wasserfreie Substanz berechnet, nicht einmal die Gröfse des Kalkgehalts in den normalpyroxenischen Gesteinen erreicht, weshalb man sich nicht wohl den kalkärmeren Palagonit aus dem kalkreicheren Pyroxengestein

1) Nach Abzug des den kohlensauern und phosphorsauern Salzen entsprechenden Sauerstoffs.

stein durch ein noch weiteres Hinzutreten von Kalk entstanden denken kann. Dagegen läßt sich erwarten, daß Alkalien leichter noch als alkalische Erden die Palagonitbildungen veranlassen werden, da sie das Verhältniß der Bestandtheile in den palagonitisirten Pyroxengesteinen nicht nothwendiger Weise zu ändern brauchen. Der Versuch hat diese Vermuthung vollkommen gerechtfertigt. Man erhält das schönste Palagonitpulver mit allen mineralogischen und chemischen Eigenschaften des Isländischen, wenn man feingeriebenen Basalt in einem großen Ueberschuß von geschmolzenem Kalihydrat einträgt, und das gebildete überschüssige Kalisilicat mit Wasser übergießt. Die ausgelaugte und durch Abschlämmen erhaltene hydratische, nach dem Trocknen pulverförmige, schon mit der schwächsten Säure gelatinirende, durch Kohlensäure und Schwefelwasserstoff leicht zersetzbare Substanz, zeigte die nachstehende, mit dem reinsten Isländischen Palagonit übereinstimmende Zusammensetzung:

	73.	Gefunden O.	Berechnet O.
Si	30,764	16,28	17,1
Fe	20,497	9,15	8,5
Al	4,273		
Ca	8,016	4,56	4,2
Mg	4,600		
Ka	1,826		
Na	0,532		
H	30,047	26,70	

Der Rückstand der Abschlämmung enthält ein Silicatgemenge, dessen mittlere Zusammensetzung sich von der des Palagonits nur durch einen um etwa $\frac{1}{3}$ geringeren Kieselgehalt, der sich in den alkalischen Waschwässern wiederfindet, unterscheidet, und in dem sich bisweilen deutlich ausgebildete zeolithische Krystalle von der Zusammensetzung $\text{Ca}_3\text{Si}_2 + \text{aq}$ finden, auf die ich weiter unten zurückkommen werde.

Die eben betrachtete Umwandlung des Pyroxengesteins in Palagonit ist von einer sehr merkwürdigen Erscheinung begleitet. Es entwickelt sich nämlich dabei eine namhafte Menge reinen Wasserstoffgases, dessen Ausscheidung auf der Oxydation der Eisenoxydulsilicate zu Eisenoxydsilicaten beruht, und die auf Kosten des im Kalihydrat enthaltenen Wasseratoms vor sich geht. Folge davon ist, daß in den Palagoniten jede Spur von Eisenoxydul fehlt, und daß das Oxydul der Pyroxengesteine sich stets nur als Oxyd in den Palagonittuffen wiederfindet. Aehnlich dem freien und an Kieselsäure gebundenen Eisenoxydul verhält sich Manganoxydul und Oxyd, welche unter Wasserstoffentwicklung in mangansaures Kali übergehen, das Mitursache der häufigen Gesteinsüberzüge und Dendriten gewesen seyn kann, welche man im Palagonitgebirge nicht selten antrifft. Aus den reducirenden Wirkungen dieses Wasserstoffs erklärt sich auf das Einfachste das Vorkommen des offenbar aus Chlorkupfer reducirten gediegenen Kupfers in den palagonitischen Tuffen, welche man auf den Fär-Öer und auch bei uns beobachtet.

Es ist auf dem ersten Blick nicht leicht zu begreifen, woher das Alkali rührt, welches die Tuffbildungen Islands bedingte. Erwägt man die Wandelbarkeit des Alkaligehaltes in den Pyroxengesteinen gegen das constantere Mengen-Verhältniß ihrer übrigen Bestandtheile, so könnte man sich versucht fühlen, an eine Trennung dieser Alkalien aus eben diesen glühend flüssigen Gesteinen selbst zu denken. Der Gedanke an eine solche Alkalibildung ist nicht ganz von der Hand zu weisen. Bekanntlich zersetzen sich die meisten Salze in höheren Temperaturen. Ist die Säure darin bedeutend flüchtiger als die Basis, so bilden sich unter Verflüchtigung der ersteren basische Salze oder freie Basen. Die Verbindungen der Schwefelsäure, Kohlensäure, Salpetersäure, der arsenigen Säure etc. erleiden mit wenigen Ausnahmen diese Zersetzung. Ist dagegen die Säure feuerbeständiger als die Basis und das Salz selbst, wie in den Ammoniaksalzen, so ist es die Basis, welche sich unter

Zurücklassung der Säure verflüchtigt. Die kieselsauren Salze können sich sehr wohl in diesem letzten Falle befinden, denn erhitzt man an einem durch den galvanischen Strom bis nahe zum Schmelzen erwärmten Platindraht Kiesel-erde neben Aetzkali oder Natron, so verflüchtigt sich das letztere in einer Temperatur, bei welcher die Kiesel-erde noch nicht einmal zu schmelzen beginnt. Bei Laven, die eine so ungeheure Temperatur erreichen, daß sie dünnflüssig genug sind, um in großen parabolischen Bogen aus der Krateröffnung hervor zu spritzen, erscheint daher die Abscheidung von Alkalien durch bloße Erhitzung nicht nur möglich, sondern selbst wahrscheinlich, besonders wenn man erwägt, daß Kohlensäure oder Wasserdampf, die nie bei solchen vulcanischen Vorgängen fehlen, zur Bildung von eben nicht sehr feuerbeständigen Alkalihydraten und Carbonaten Veranlassung geben müssen von Verbindungen, deren Flüchtigkeit so groß ist, daß wir deren Verdampfung schon bei technischen Processen direct beobachten können. Es giebt sogar Fälle, wo sich die Abscheidung und Verflüchtigung der alkalischen Bestandtheile aus Silicaten direct nachweisen läßt. In den Steinkohlen sowohl als in der Möllung, welche in den durch ihre ungeheuren Hitzgrade ausgezeichneten Hochöfen Englands zur Eisenproduction verwandt zu werden pflegen, ist der gesammte Alkaligehalt ausschließlich nur in der Form von Silicaten enthalten. Dessenungeachtet beobachtet man im Gestell dieser Oefen, wo Jahre lang eine den Schmelzpunkt des Platins fast erreichende Temperatur herrscht, eine solche Sublimation von kohlensauren Alkalien neben dem dort gleichfalls auftretenden Cyankalium, daß sich diese Producte unter Umständen centnerweise ansammeln. Will man diese Alkali-Aussonderung und Verflüchtigung nicht ausschließlich den reducirenden Wirkungen der Kohle zuschreiben, so wird man auch in den Umgebungen der vulcanischen Heerde, welche die glühend flüssigen Pyroxengesteine umschließen, ähnliche Vorgänge voraussetzen dürfen. Solche Umstände mögen daher vielfach bei der Palagonitbildung

mitgewirkt haben. Allein die ungeheure Ausdehnung des Isländischen Tuffgebirges macht es sehr unwahrscheinlich, daß es sich hier um eine Entstehungsart handelt, die immer doch nur den Charakter einer localen Erscheinung an sich tragen würde. Es ist daher gewiß wissenschaftlicher, jeder Hypothese über diesen Gegenstand zu entsagen, und sich mit der durch den Versuch und die Beobachtung gerechtfertigten Annahme zu begnügen, daß in der Vulcanperiode außer dem trachytischen und pyroxenischen Heerd noch ein dritter, gegenwärtig erloschener, thätig gewesen sey, dessen Inhalt aus alkalireichen Silicaten bestand, die überbasisch genug waren, um unter dem Einflusse des Wassers, in Palagonitsubstanz und lösliche, mit dem Wasser fortgeführte, Substanzen zu zerfallen. Das Auftreten der fast nie in Island fehlenden palagonitischen Verkittungssubstanz in den die Eruptivgesteine begleitenden versteinierungsfreien Trümmernmassen und Conglomeraten ist nun leicht verständlich. Diefs Vorkommen ist eine nothwendige und unmittelbare Folge solcher überschüssiger Gesteinsergüsse, und die versteinierungsführenden Palagonittuffe sind nichts als Producte submariner Anschwemmungen, die das Material zu ihrem palagonitischen Bindemittel aus eben diesen alkalireichen der Metamorphose unterworfenen Silicat-Eruptionen empfangen.

2. Zeolithische Gebilde.

In der engsten Beziehung zu den palagonitischen und pyroxenischen Gesteinen stehen die zeolithischen Mandelsteinbildungen. Sie sind die metamorphischen Zwischenglieder dieser beiden Gebirgsgruppen. Da die beiderseitige Durchschnittszusammensetzung der letzteren fast genau eine und dieselbe ist, so kann man die chemische Beziehung des zeolithischen Gesteins zu dem ursprünglichen, aus dem es hervorging, nicht mehr auf dem Wege der Rechnung nachweisen. Dagegen läßt schon eine oberflächliche Betrachtung der geologischen Verhältnisse ihres Vorkommens keinen Zweifel über die Art ihrer Entstehung. Bei Sil-

frastadir, wie an unzählig vielen andern Orten Islands, sieht man diese zeolithischen conglomeratartigen Mandelsteine durch allmälige Uebergänge nach der einen Seite hin in festes Trappgestein, nach der andern in palagonitische Tuffe so innig verflöfst, dafs sich sogar die Absonderungen und Zerklüftungen vom festen dichten Trapp aus durch den zeolithischen Mandelstein bis in das Tuffgebilde deutlich verfolgen lassen. Wo bei Silfrastadir der in felsigen Abhängen auf den Tuffschichten sich erhebende Trapp eine nähere Einsicht in diese Verhältnisse gestattet, zeigt sich die Zeolithbildung auf dem durch jene allmälige Uebergänge charakterisirten Wechsel der beiden Gebirgsarten am vollkommensten entwickelt, und in dem Maafse nach dem dichten Gestein hin verschwindend, als die sichtbaren Spuren einer gegenseitigen Einwirkung mehr und mehr zurücktreten, so dafs man endlich nur in Klüften und vereinzelt Hohlräumen die schönen Chabasitischen Drusen zusammengedrängt findet, welche dort den Mandelsteinbildungen eigenthümlich sind. Ueberall in Island wiederholt sich diese Erscheinung. Selbst bei den jüngsten Lavaergüssen läfst sie sich beobachten. Eins der merkwürdigsten Beispiele dieser Art kann am Krafla beobachtet werden. Die oft mehr sand- als tuffartigen Palagonit-schichten dieses Vulcans, wenn man anders einen von Kratern und Laven durchbrochenen, mit Fumarolen durchzogenen Tuffrücken so nennen darf, sind am nordwestlichen Abhange des Berges von einer, wie es scheint, sehr jungen Lava durchsetzt, die nicht aus Krateröffnungen, sondern aus horizontalen Spalten in Schichten hervorgequollen ist. Von dem Contacte dieser Lavaschichten aus hat das angrenzende Palagonitgestein eine Metamorphose der merkwürdigsten Art erlitten, die sich am besten unter dem Mikroskop bei 30 — 40facher Vergrößerung verfolgen läfst. Die Substanz des wasserfreien Gesteins ist, ohne eine eigenthümliche Schmelzung erlitten zu haben, in eine dunklere eisenhaltige, und in eine blendend weifse eisenfreie Silicatmasse geschieden. Die erstere bildet eine homogene Grund-

lage, in der die letztere ausgesondert auftritt; beide sind isomorph. Näher nach der Lava hin, wo die Feuerwirkung eine bedeutendere war, nimmt das Gestein im Aeußeren den Charakter der lockeren basaltartigen Mandelsteinconglomerate an, welche man so häufig in Island als Zwischenglieder der palagonitischen und pyroxenischen Gesteine antrifft. Die noch dunklere eisenhaltige Grundmasse, welche unter dem Mikroskop ganz die Beschaffenheit des grünen Bouteillenglases, im Großen aber, mit bloßem Auge betrachtet, noch mehr die Beschaffenheit gewisser conglomeratartiger Pyroxengesteine zeigt, erscheint jetzt von sphäroidischen glattwandigen Höhlungen und Drusenräumen erfüllt, die entweder leer oder mit Kugeln der scharf gesonderten eisenfreien Silicatmasse erfüllt sind. Wo diese eisenfreie krystallinische Masse, die aus Zeolithsubstanzen besteht, zur Ausfüllung des Hohlraums nicht hinreicht, ist die Bildung zeolithischer Krystalldrusen oder einzelner in den Drusen aufsitzender zeolithischer Krystalle vor sich gegangen.

Dieselbe Spaltung in eisenfreie und eisenhaltige Silicate läßt sich auf die einfachste Weise bei dem Palagonit und bei den palagonitischen Tuffen künstlich hervorbringen. Erhitzt man erbsen- bis haselnußgroße Stücke dieser Substanz in der Flamme einer Berzelius'schen Lampe oder vor dem Löthrohr rasch, bis sie äußerlich glühen, so lassen sich alle Phasen dieser Metamorphose von der äußeren gefritteten Rinde aus bis in das noch kaum zersetzte Innere der Stücke hinein auf das deutlichste unter dem Mikroskop, am besten bei 40facher Vergrößerung, erkennen. In einer Zone, die schon durch ihr gefrittetes Ansehen die deutlichsten Spuren stattgehabter Glühhitze an sich trägt, erkennt man nicht selten ein mit Mandeln und Drusenräumen erfülltes Gestein, das mit den basaltischen Mandelsteinen, welche den Trapp am Esja, bei Hrúni, und an unzählig vielen anderen Punkten Islands untertäufen, auf das Vollkommenste übereinstimmt. Diese Uebereinstimmung geht so weit, daß sogar die Auskleidungsrinden

dieser künstlichen Krystalldrüsen mit denen der natürlichen dem äußerlichen Ansehen nach identisch sind. Selbst die Art und Weise wie die gebildeten Krystalle auf den Drusenwandungen aufsitzen, ist bei diesen künstlichen Producten genau dieselbe wie in der Natur. Bisweilen beobachtet man in der geglühten Masse rundum ausgebildete glänzende Chabasitkrystalle mit der diesem Fossil eigenthümlichen Streifung, durch eine krystallinische Chabasitmasse und eine dann folgende saalbandartige Rinde von dem krystallinischen Muttergestein getrennt.

Der ungewöhnliche Reichthum Islands an zeolithischen Mandelsteinen findet in diesen Versuchen die einfachste Erklärung, denn kaum dürfte sich die Bedingung zu ihrer Bildung anderswo in solcher Weise vereinigt finden, wie eben dort. Schon ein flüchtiger Blick auf die hohen senkrechten Felsabhänge der meisten pyroxenischen Küstengebirge giebt ein deutliches Bild dieser grofsartigen Metamorphose. Nicht selten sieht man daselbst mehr als tausend Fufs hohe Trappgänge aufsteigen, die das gesammte bald massige, bald geschichtete Gebirge durchsetzen, und sich durch Stämme und Verästelungen in die ungeheueren horizontal verbreiteten Trappschichten auf eine Weise verzweigen, die auch nicht den leisesten Zweifel darüber gestattet, dafs diese in und über das Tuffgebirge ergossenen Massen nichts anderes als die einst glühend flüssigen Extravasate eben jener Gänge sind. Die Feuereinwirkungen, welche von diesen eingeprefsten Trappschichten ausgegangen sind, stehen, wo nicht besondere Einflüsse vorwalten, im engsten Verhältnifs zu der Mächtigkeit der erhitzenden und erhitzten Schichten.

Von den zu Mandelsteinen metamorphosirten Tuffschichten, deren ursprüngliche Aggregation oft noch deutlich genug an den bald eckigen, bald gerundeten Einschlüssen erkennbar ist, verfolgt man bisweilen einen so allmäligen Uebergang in das dichte Trappgestein, dafs die Scheidungsgränze beider sich der Beobachtung völlig entzieht. Man sieht hier im Grofsen den Uebergang eines zerbröckelnden

wasserhaltigen Gesteins in ein fast wasserfreies, mit allen jenen charakteristischen Abstufungen der Zeolithbildung, welche ein äußerlich bis zum Glühen erhitztes Palagonitstück nach seinem Mittelpunkt hin im Kleinen zeigt. Man kann demnach nicht zweifeln, daß es weder rein neptunische, noch rein plutonische Vorgänge gewesen sind, die den Zeolithbildungen Islands zum Grunde liegen. Es handelt sich vielmehr dabei um eine ganze Reihe metamorphischer Entwicklungsphasen, als deren Producte die Mandelsteinbildungen auftreten. Ein rein plutonisch gebildetes Gestein von überbasischer Zusammensetzung erleidet an dem Orte seines ursprünglichen Ergusses oder auf dem Transporte seiner mechanisch zerstörten Trümmernmassen eine neptunische Metamorphose zu Palagonit und palagonitischem Tuffgestein. Neue plutonische Massen durchbrechen, oft erst nach langen Perioden der Ruhe, dieß veränderte Gestein, und verwandeln es, in einem zweiten Act der nun plutonischen Metamorphose, in zeolithischen Mandelstein. Aus dieser Umwandlung geht endlich noch eine dritte neptunische, durch Gase und Wasserdampf vermittelte, Zersetzung hervor, auf die ich, als den letzten Act aller dieser Vorgänge, weiter unten zurückkommen werde. So einfach und verständlich auch diese Erscheinungen bei den zeolithischen Mandelsteinen dem Beobachter entgegentreten, so räthselhaft müssen dabei noch immer die zeolithischen Bildungen erscheinen, welche inmitten der Trappschichten und des dichtern Basalts da auftreten, wo man offenbar ursprünglich bedeutendere Temperaturen voraussetzen muß, als sie, den angeführten Versuchen zu Folge, mit der Zeolithbildung aus Palagonit verträglich sind. Allein auch diese Erscheinung findet ihre Erklärung in einem Versuche, der das Räthsel der wasserhaltigen Silicatsbildungen in plutonischen Gesteinen vollkommen zu lösen scheint. Trägt man nämlich ein fein pulverisirtes Gemenge von 0,2 Theilen Kalk und 1,0 Theilen Kieselerde in 9 Theile Aetzkali, das in einer Silberschale geschmolzen ist, ein, und läßt man das in einer Muffel einige Zeit stark rothglühende

Gemenge langsam erkalten, so findet man nach dem Auflösen der Masse im Wasser ein Netzwerk von oft 4 — 5 Linien langen prismatischen Krystallen, die zum Theil an den Wänden der zu dem Versuch benutzten Silberschale aufsitzen. Diese Krystalle sind wasserhaltiger zweidrittel kieselsaurer Kalk, gemengt mit etwas kohlensaurem Kalk, nämlich $\text{Ca}_2\text{Si}_2 + \text{aq.}$

	74.
Kieselerde	27,215
Kalkerde	22,241
Kali	0,733
Wasser bei 109° abgeschieden	36,915
Wasser beim Glühen abgeschieden	9,508
Kohlenaurer Kalk	2,603
	<hr/> 99,215.

Die künstliche Darstellung dieses schön krystallisirten wasserhaltigen Silicats, und mehr noch die ganz ungewöhnliche Art seiner Bildung ist in geologischer Beziehung von großem Interesse.

Es handelt sich dabei um ein wasserhaltiges Silicat, das in der Glühhitze nicht nur entsteht, sondern sich auch erhalten kann, und das, nachdem es einmal abgeschieden und von seiner Umgebung getrennt worden, schon bei 109° vier Fünftel, und noch unter der Glühhitze, alles Wasser wieder verliert. Aus dieser einzig in ihrer Art dastehenden Erscheinung, deren weitere Erörterung mit allen ihren experimentellen und theoretischen Consequenzen ich mir für die ausführlichere Bearbeitung dieses Gegenstandes vorbehalten muß, geht unzweifelhaft hervor, daß die palagonitische und zeolithische Metamorphose, die wir gewöhnlich auf einander folgen sehen, auch bei den höchsten Temperaturen unter gleichzeitiger und nachfolgender Wassereinwirkung vor sich gehen kann. Denn man darf dem überbasischen, in der Glühhitze geschmolzenen Aetzkaligemenge nur noch etwas Basaltpulver zusetzen, um, bei nachheriger Behandlung mit Wasser, ein Gemenge von Palagonitmasse mit jenen zeolithischen Krystallen von wasserhaltigem kiesel-

saurem Kalk zu erhalten. Und so findet man denn auch in der That auf Island und besonders häufig auf den Fär-Öer zeolithische Drusen mit einem Palagonittuff durchsetzt, der die Merkmale jener zweiten plutonischen Metamorphose an sich trägt. Ich habe namentlich von den Fär-Öer ein faustgroßes Handstück dieser Art mitgebracht, das aus concentrisch strahlig gruppirter Desminmasse besteht, die einen Kern von unverändertem Palagonittuff umschließt, und durch palagonitischen Tuff von Außen umschlossen wird.

Nach diesen Versuchen und Beobachtungen wird das Vorkommen von oft scharf ausgebildeten Olivin- und Augitkrystallen, neben zeolithischen Fossilien, inmitten einer wasserhaltigen palagonitischen Grundmasse leicht verständlich. Jene wasserfreien Fossilien sind plutonische Krystallisationsproducte, die ihrer Constitution nach von den späteren neptunischen Metamorphosen unberührt bleiben. Man findet sie daher in unveränderter Gestalt neben den zeolithischen und palagonitischen Producten dieser Metamorphosen wieder. Am Pferdekopf im Rhöngelbige bieten sich ähnliche Erscheinungen, nur mit dem Unterschiede dar, daß dort schon der letzte durch Wasserdampf und vulcanische Gase bedingte Act der Gesteinsbildung vorherrscht. Ebenso leicht wird nach diesen Versuchen und Beobachtungen die Bildung zeolithischer Fossilien im pyroxenischen Gesteine erklärlich. Sie kann wie bei der künstlichen Darstellung in dem glühend flüssigen Gestein erfolgen, wenn dieses alkalireich und überbasisch genug ist. Und in der That fehlt bei den zeolithischen Pyroxengesteinen der palagonitartige, für die Metamorphose der überbasischen Silicate so charakteristische, Gemengtheil fast nie. Es ist der mit Säuren gelatinirende amorphe Theil des Basalts, den man als zeolithische Substanz in dieser Gebirgsart aufzuführen pflegt.

3. Gesteinsbildungen durch pneumatolytische Metamorphose.

Unter dieser Klasse von Bildungen sind die mannigfaltigen Producte zusammengefaßt, welche aus der Einwirkung

der vulcanischen Gase und Dämpfe auf die bisher betrachteten Gesteine hervorgehen. Sie sind von nicht geringer Bedeutung und für den Geologen dadurch besonders interessant, daß sich der Proceß ihrer Entstehung unmittelbar beobachten läßt. Um die bei diesen Umbildungen thätigen Vorgänge zu verstehen, muß man sich erinnern, daß die Masse der meisten Gebirgsschichten aus einem mechanischen Gemenge von festem Gestein mit Wasser besteht, und daß die Wirkung der, diese mit Wasser durchtränkten Schichten berührenden feuerflüssigen Gesteinmasse eine zweifache, der Zeitfolge nach völlig geschiedene war: Sie mußte mit einem Verdampfungsproceß des Wassers beginnen, und nur erst, wenn dieser sich erschöpft hatte, konnte die bis dahin durch den obwaltenden Druck bestimmte Temperatur überschritten, und so weit gesteigert werden, daß die durchgreifende plutonische Wechselwirkung zwischen den erhitzenden und erhitzten Gesteinen begann. Aus dieser physikalischen Nothwendigkeit erklären sich leicht und einfach alle jene scheinbaren Widersprüche, welche die plutonischen Contactphänomene darbieten. Man hat dabei drei Fälle ins Auge zu fassen. Der erste Fall tritt ein, wenn eine möglichst wenig erhitzte und möglichst langsam bewegte feuerflüssige Eruptivmasse ein Nebengestein trifft, das eine von Klüften und Quellschichten aus möglichst rasch erneuerte Wassermasse empfängt. Es finden sich dann alle Bedingungen vereinigt, um jede Spur einer directen Feuereinwirkung auf die Substanz des Nebengesteins zu verhindern. Die erste Folge des Zusammentreffens ist eine Erstarrungsrinde von oft glasieriger, schlackiger und basaltiger Beschaffenheit, wie man sie bei vielen, besonders gangartigen Basaltdurchbrechungen beobachten kann. Diese Erstarrungsrinde ist einer schlecht leitenden Heerdwand vergleichbar, durch welche die Temperatúrausgleichung in das stets bei constanter Kochtemperatur des Wassers erhaltene Nebengestein nur langsam erfolgen konnte. Eine plutonische Metamorphose oder Verschmelzung der Contactgesteine wird hier mithin zur physikalischen Unmög-

lichkeit. Der zweite in Island gewöhnliche, bei unseren Basalten aber seltenere Fall tritt da ein, wo die Bedingungen des ersteren Falles fehlen oder zurücktreten, und giebt sich durch alle Anzeichen einer stattgehabten Glühbitze zu erkennen. Die Natur dieser Einwirkung ist wesentlich mitbedingt durch die Substanz des erhitzten Gesteins. Der leichtflüssige Palagonittuff wird zu Basalt und zeolithischem Conglomerat, der Kalkstein zum überbasischen Silicat, dem Material der palagonitartigen Bildungen, der Sandstein zur gefritteten hornsteinähnlichen Masse, in die sich oft das Eruptivgestein, wie an der blauen Kuppe bei Eschwege, durch haarfeine Risse und Spalten in der Form extravasatartiger Verschmelzungsgebilde ergießt.

Außer diesen beiden ist nur noch ein dritter Fall denkbar, der nämlich, daß sich der Kochpunkt des Wassers durch ungeheure Pressungen bis zur Glühbitze steigert, und daß sich dadurch directe Verschmelzungsgebilde von glühend flüssigem Wasser mit glühend flüssigem Gestein bilden. Es giebt in der That auf Island Verhältnisse, die kaum eine andere als diese Erklärung zuzulassen scheinen. Ich werde bei einer anderen Gelegenheit wieder darauf zurückkommen.

Man sieht aus diesen Erörterungen, daß den meisten plutonischen Verschmelzungsprocessen und Metamorphosen eine Wasserdampfentwicklung vorangehen muß. Die mechanischen Wirkungen derselben kommen in den vulcanischen Erschütterungen und Eruptionen, die chemischen in den mannigfaltigen Aeußerungen der Fumarolenthätigkeit zur Erscheinung. Es ist daher das Studium dieser Thätigkeit und der daraus hervorgehenden Producte für die Theorie der Vulcane von besonderem Interesse. Die vulcanischen Nachwirkungen, welche sich in den Solfataren, Geisiren und Thermen kund geben, liefern dazu ein Material, das die Möglichkeit darbietet, an der Hand directer Beobachtungen und Versuche bis zu den mit der inneren vulcanischen Thätigkeit auf das Engste zusammenhängenden Quellen aller dieser Erscheinungen vorzudringen.

Das wichtigste Moment einer solchen Untersuchung bildet die Zusammensetzung der Exhalationen, welche als Nachwirkungen der großen vulcanischen Catastrophen dem fumarolen Boden entströmen.

Neben dem Wasserdampf, aus welchem diese Exhalationen hauptsächlich bestehen, treten als gasförmige Gemengtheile ausschliesslich nur Kohlensäure, Chlorwasserstoffsäure, Schwefeldampf, Schwefelwasserstoff, schweflige Säure, freies Wasserstoffgas und daneben als fremde, nicht eigentlich vulcanische Substanzen Stickstoff, Sauerstoff und Ammoniak auf. Von Kohlenoxyd oder Kohlenwasserstoffen habe ich niemals die geringste Spur entdecken können, obgleich mir Methoden der Untersuchung zu Gebote stehen, durch die noch einige Tausendtel jener Gase nachgewiesen werden können.

Von der vorwaltenden Menge des einen oder des anderen dieser gasförmigen Gemengtheile hängt der chemische Charakter der Fumarolenthätigkeit ab. Die Salzsäurefumarolen, welche bei den Italischen Vulcanen nicht selten in dem grosartigsten Maassstabe auftreten, und dann gewöhnlich von mächtigen Kochsalzsublimationen begleitet zu seyn pflegen, erscheinen für Island von geringer Bedeutung. Nur in den wenige Monate alten Kraterfumarolen, die dem letzten Heklaausbruch ihre Entstehung verdanken, so wie in den Dampfquellen des damals entstandenen Lavastromes habe ich Spuren von Salzsäure im freien Zustande entdecken können. Da der Vulcan, als ich ihn kurz nach seinem letzten Ausbruch besuchte, schon so weit zur Ruhe gekommen war, dass es an allen gewaltsamen Dampferuptionen fehlte, so konnten die Gase nur mittelst einer Luftpumpe aus dem ruhig dampfenden Kraterspalten aufgesogen werden, die dem Luftzutritte ziemlich frei zugänglich waren. Der bei dem Aufsammeln der Gase condensirte Wasserdampf enthielt stets erhebliche Mengen von freier Chlorwasserstoffsäure, die als unbestimmte Menge in den nachstehenden Analysen mit aufgeführt ist:

	75.	76.	77.
	1) Fumarole im großen Hekla- krater.	2) Fumarole im großen Hekla- krater.	3) Fumarole des Lavastromes von 1845.
Stickstoff	81,81	82,58	78,90
Sauerstoff	14,21	16,86	20,09
Kohlensäure	2,44	0,56	1,01
Schwefelwasserstoff	0,00	0,00	0,00
Schwefelige Säure	1,54	0,00	0,00
Unbestimmte Menge			
Salzsäure	—	—	—
Kohlenoxyd	0,000	0,00	0,00
Kohlenwasserstoff	0,000	0,00	0,00
	<u>100,000</u>	<u>100,000</u>	<u>100,000.</u>

Es ergibt sich aus diesen Resultaten, daß Salzsäure und Kohlensäure einen Gemengtheil dieser Kratergase ausmachen, und daß sich denselben bisweilen noch schweflige Säure hinzugesellt, welche in den Fumarolen des Lavastromes dergestalt abnimmt, daß sie nicht mehr in den Gasen, und nur kaum noch in den condensirten Fumarolendämpfen nachgewiesen werden konnte. Mit dieser Thatsache stimmt die Zusammensetzung der festen und flüssigen Fumarolenproducte der 1845 neu aufgebrochenen Heklakrater und des aus dem untersten derselben geflossenen Lavastromes vollkommen überein. Der feuchte Grus, welcher die geschmolzenen Schwefelmassen im Innern des obersten und größten Kraters umgab, zeigte folgende Zusammensetzung.

	78.
Schwefel	58,272
Schwefelsaurer Kalk	0,796
Äl ₂ + Al Cl ₃	0,425
Eisenchlorür	0,282
Chlorcalcium	0,650
Chlormagnesium	0,056
Chlorkalium	0,152
Chlornatrium	0,024
Salmiak	0,005
Wasser	9,402
Zersetzter Lavagrus	28,636
	<u>100,000.</u>

Es sind dieß, mit Ausnahme des aus der Luft stammenden Ammoniaksalzes, dieselben Producte, welche man auf nassem Wege durch Wechselwirkung der eben in den Kraterfumarolen nachgewiesenen schwefeligen Säure und Salzsäure auf das Kratergestein auch künstlich darstellen kann. Von ganz anderer Beschaffenheit dagegen zeigten sich die einzelnen sparsam im Grunde des höchsten Kratertrichters verbreiteten Salzanflüge, die, der unzersetzten Beschaffenheit des Gesteins nach, auf dem sie haften, nur auf trockenem Wege entstandene Sublimationsproducte seyn können. Ein solcher Anflug bestand aus:

	79.
Chlornatrium	5,65
Schwefelsauren Kalk	63,41
Schwefelsaurer Magnesia	12,68
Schwefelsaures Natron	16,78
Schwefelsaures Kali	0,88
	<hr/> 99,40.

Da die schwefelsauren Salze als solche einer Sublimation, wie bekannt, nicht fähig sind, so läßt sich nur annehmen, daß diese Anflüge ursprünglich in der Form von Chlorverbindungen verflüchtigt wurden, und dann erst durch schweflige Säure, bei Gegenwart von Wasserdampf und Luft, zum größten Theil in Sauerstoffsalze übergingen. An den durch einen nur geringen Gehalt von schwefliger Säure charakterisirten Fumarolen des untern Lavastromes herrschen dagegen wieder die Chlorverbindungen vor, wie die nachstehenden Analysen der dort einige Monate nach der letzten Eruption gesammelten Producte zeigen:

	80.	81.
Salmiak	81,68	74,32
$4\text{Fe} + \text{FeCl}_3$	5,04	6,75
$4\text{Al} + \text{AlCl}_3$	3,73	0,28
Chlormagnesium	1,69	5,45
Chlorcalcium	0,53	4,63
Chlornatrium	1,73	2,33
Chlorkalium	0,53	0,70
Kieselerde	0,95	0,25
Wasser und steiniger Rückstand	3,12	5,29
	<hr/> 99,00.	<hr/> 100,00.

Die Bildungsweise dieser Salzmenge ist dieselbe wie bei den eben betrachteten Kraterproducten, nur dafs es hier nicht allein, wie ich bei einer andern Gelegenheit ausführlich gezeigt habe ¹⁾, die Luft, sondern weit mehr noch die von der Lava überfluthete, zum Theil mit Vegetation bekleidete Bodendecke ist, welche das Ammoniak zur Salmiakbildung lieferte ²⁾.

Ueber den Ursprung der Salzsäure in den Kratergasen kann kein Zweifel obwalten. Kochsalz, welches so häufig als Sublimationsproduct bei Vulkanen auftritt, wird bekanntlich bei höheren Temperaturen, unter Mitwirkung von Wasserdampf, durch Silicate in jene Säure und Natron zerlegt, welches letztere sich mit dem vorhandenen Silicate verbindet. Man braucht dabei nicht anzunehmen, dafs die Chlorverbindung von der Lava getrennt diese Zersetzung erleidet. Denn man kann sich leicht überzeugen, dafs das Gestein der 1845 geflossenen Heklalava, welches jene oft mit Spuren von freier Chlorwasserstoffsäure imprägnirte Sublimationsproducte lieferte, selbst eine erhebliche Menge von basischen Chlorverbindungen in seiner Masse enthält. 100 Theile Lava vom Ausflufskrater enthielten in der That 0,246 Chlor, und dieselbe Menge, vom Ende des Stroms genommen, 0,447.

Es liegt in der Entstehungsweise der Salzsäurefumarolen, dafs sie nur da den Charakter permanenter Erscheinungen annehmen können, wo die unmittelbare vulcanische Thätigkeit mit ihren für diesen Procefs unerläfslichen Temperaturen noch nicht in bedeutendere Bodentiefen zurückgesunken ist; denn sonst würde die so kräftig auf die Gesteine wirkende Salzsäure sehr bald auf Kosten der damit in Berührung kommenden Gesteine in Chlorverbindungen übergehen, denen es bekanntlich an Flüchtigkeit fehlt,

um

1) Liebig's Ann. Bd. 65, S. 70.

2) Ein Quadratmeter Rasen lieferte, meinen Versuchen zufolge, bei der trocknen Destillation eine Ammoniakmenge, welche 223,3 Grm. Salmiak entspricht.

um auf einem längeren Wege noch bei verhältnißmäßig niedrigen Temperaturen die Oberfläche zu erreichen. Daher sieht man diese Fumarolen als unmittelbare Nachwirkungen der großen vulcanischen Ausbrüche auftreten, bald nach diesen erlöschen, und nur da in andauernder Thätigkeit, wo Lava in Form von Schlackeneruption und anhaltenden Ergüssen auf längere Dauer hin die Oberfläche erreicht.

Fehlen diese Bedingungen, so zieht sich die Erscheinung in die Tiefe zurück, wo sie noch lange in den Heerden der Mineralwasserbildung thätig seyn mag, wie schon aus der Zusammensetzung der Isländischen Thermalwasser zu schliessen ist, über deren Bildungsweise kein Zweifel bestehen kann, da sie sich leicht künstlich durch Einwirkung der vulcanischen Gase auf die Isländischen Gesteine darstellen lassen.

Ganz anderen Ursprungs und von weit weniger ephemerer Natur sind die Schwefelfumarolen, welche die großen vulcanischen Ausbrüche Jahrhunderte lang überdauern. Island bietet in seinen großartigen Solfataren und Geisererscheinungen, welche den beiden Hauptstadien dieses Fumarolenprocesses entsprechen, den reichhaltigsten Stoff zu ihrer Erforschung dar. Ich kann mich indessen zunächst auch hier nur auf die Mittheilung derjenigen Resultate meiner Untersuchungen beschränken, welche sich auf den allgemeinen Zusammenhang dieser Erscheinungen mit den ursprünglichen Vorgängen der vulcanischen Thätigkeit beziehen.

Die Gase, welche den kochend heißen Schlamm Boden der Solfatarenfelder durchwühlen, oder sich aus dem festeren Bodengestein in gewaltigen Dampfstrahlen Bahn brechen, müssen auch hier den Ausgangspunkt der Untersuchung bilden. Von allen Dampferuptionen dieser Art hat Krísuvík's Solfatara die erheblichsten aufzuweisen. Diejenige Dampfquelle, welche einige hundert Fuß hoch über der dortigen Hauptquellengruppe des Thales aus dem lockeren Steingerölle der oberen Bergwand hervorbricht, stößt

mit brausendem Gezisch einen mächtigen Dampfstrahl aus, dessen Spannung hinreichend ist, faustgroße Steine mehrere Fufs hoch empor zu schleudern. Dieser Strahl enthält auf 82,30 Wasserdampf 17,70 Gase von der nachstehenden Zusammensetzung:

	82.
Kohlensäure	87,43
Schwefelwasserstoff	6,60
Wasserstoff	4,30
Stickstoff	1,67
Kohlenoxyd	0,00
Kohlenwasserstoff	0,00
	<u>100,00.</u>

Seine Gesamttzusammensetzung ist diese:

	83.
Wasserdampf	82,30
Kohlensäure	15,47
Schwefelwasserstoff	1,17
Wasserstoff	0,76
Stickstoff	0,30
	<u>100,00.</u>

Nach einer Cubicirung, die aber nur als eine höchst approximatede Schätzung gelten kann, entweichen aus dieser einzigen Quelle in 24 Stunden 223 Km. Schwefelwasserstoffgas und 12 Km. reines Wasserstoffgas, und eine Dampfmenge, deren Totaleffect fast 30 Pferdekräften entspricht.

Dicht neben dieser findet sich eine andere, kaum schwächere Quelle, deren Gas fast ganz gleich mit der ersten zusammengesetzt ist, nämlich:

	84.
Kohlensäure	88,24
Schwefelwasserstoff	6,97
Wasserstoff	4,10
Stickstoff	0,69
Kohlenoxyd	0,00
Kohlenwasserstoff	0,00
	<u>100,00.</u>

In viertelstündiger Entfernung von dort, da, wo man von Reykjavik kommend im Thalgrunde selbst die ersten grossen Dampferuptionen erreicht, finden sich am Rande eines, den Reisenden gewöhnlich zur Zeltstätte dienenden Wiesengrundes eine Anzahl grosser kochender Schlammkessel, zwischen denen man einen mächtigen Dampfstrahl mit besonderer Heftigkeit hervorbrechen sieht. Obwohl das kleine Stückchen festen Bodens, welches denselben damals umgab, fortwährend von heissen Dampfwolken verhüllt wurde, so gelang es doch auf einzelnen zwischen den siedenden Pfuhlen gebildeten Gypskrusten bis zu der Quellenmündung vorzudringen, und das Gas zur nachstehenden Analyse mittelst eines geeigneten Apparates aufzufangen:

	85.
Stickstoff	0,50
Kohlensäure	79,07
Schwefelwasserstoff	15,71
Wasserstoff	4,72
Kohlenoxyd	0,00
Kohlenwasserstoff	0,00
	<hr/> 100,00.

Die ungeheure Gewalt mit der diese von Wasserdampfmassen begleiteten Gase hervordringen, lassen diese Quellen als die Hauptmündungen der Spalten und Kanäle erscheinen, von denen aus die Fumarolengase sich in den umliegenden Boden verbreiten, und dessen Metamorphose vermitteln. Da die gelösten Producte dieser Metamorphose als vorwaltenden Charakter eine, durch Schwefelsäurebildung bedingte, saure Reaction darbieten, so zeigt sich keine Spur von kohlensauren Salzen oder Kieselabsätzen unter den Zersetzungsproducten des dortigen Solfatarenbodens. Während die Kohlensäure an den Zersetzungen keinen Theil nimmt, sind es hier ausschliesslich nur Schwefelwasserstoff und die schweflige Säure, welche unter Vermittelung des erhitzten Wassers zu allen den Gesteinsumbildungen verwandt werden, von denen ich die merkwürdigsten bereits in einer früheren Arbeit über die pseudo-

vulcanischen Erscheinungen Islands hervorgehoben habe ¹⁾. Die Analyse der Gase, welche von dem dampfenden Fumarolenboden ausgehaucht werden, oder in den kleinen Wasser- und Schlammfuhlen desselben entweichen, geben den entsprechendsten Beweis für diese ausschließliche Wirksamkeit des Schwefelwasserstoffs. Denn der bedeutende Kohlensäuregehalt erhält sich darin, während der Schwefelwasserstoff gegen die Menge des freien Wasserstoffs immer mehr zurücktritt. Die nachstehenden Analysen, zu denen das Gas aus verschiedenen kleinen kochenden Wassertümpeln genommen war, die sich mitten im Schlamm Boden der Krísvík'er Solfatara finden, zeigen diese Abnahme des Schwefelwasserstoffs auf das Deutlichste.

	86.	87.
Stickstoff	1,80	1,44
Kohlensäure	88,54	86,92
Schwefelwasserstoff	1,79	3,28
Wasserstoff	7,87	8,36
Kohlenoxyd	0,00	0,00
Kohlenwasserstoff	0,00	0,00
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Der Vollständigkeit wegen mag hier noch die Analyse eines solchen Gases von Reykjahlidh im hohen Norden von Island ihren Platz finden, das vermittelt eines künstlich erzeugten Dampfstrahls aus dem dampfenden Schlamm Boden eines großen Fumarolenfeldes gezogen war, und das sich durch seinen ungewöhnlichen Reichthum an Wasserstoffgas auszeichnet.

	88.
Stickstoff	0,72
Kohlensäure	30,00
Schwefelwasserstoff	24,12
Wasserstoff	25,14
Kohlenoxyd	0,00
Kohlenwasserstoff	0,00
	<u>100,00.</u>

1) Liebig's Ann. Bd. 62 S. 1

Man sieht aus diesen Versuchen; wie wenig man berechtigt gewesen ist, die Anwesenheit brennbarer Gase in den Exhalationen der Vulcane zu leugnen. Die Einwürfe, mit denen man die alte Davy'sche Vulcanentheorie beseitigt zu haben glaubt, verlieren nach diesen Ergebnissen wieder jeden Halt. Denn nimmt man im Sinne dieser Theorie an, daß die Laven und die sie begleitenden Gluthphänomene auf einer durch Wasserzersetzung bedingten Oxydation von Alkali und Erdmetallen beruhen, so läßt sich, ganz den bisherigen Annahmen entgegen, zeigen, daß die Quantität des an Vulkanen entwickelten Wasserstoffs mit dem Umfange der gebildeten Lavaströme vollkommen im Verhältniß steht. Eine einzige der Krísvík'er Dampfquellen giebt nach der eben angeführten Cubicirung gegen 12 Km. Wasserstoffgas in 24 Stunden. Nimmt man an, daß daselbst die übrigen zahllosen Quellen sammt den dortigen großen Fumarolenfeldern insgesamt nur eine hundertmal größere Gasmenge geben, wobei man fest überzeugt seyn darf, noch weit hinter der ganzen Menge des wirklich entweichenden Gases zurückgeblieben zu seyn, so läßt sich schon unter dieser Voraussetzung durch einfache Rechnung zeigen, daß die Lavabildung, welche einer solchen Gasausscheidung innerhalb der Periode zweier großer Eruptionen äquivalent ist, zur Erzeugung mächtiger Lavaströme hinreicht. Ebenso wenig kann man nun auch gegenwärtig dem zweiten Haupteinwurfe gegen die Davy'sche Hypothese noch eine Bedeutung beilegen: ich meine dem Einwurfe, daß man bei den großen Kraterausbrüchen erhebliche Flammenerscheinungen nicht zu beobachten pflegt. Denn ermittelt man z. B. aus der gefundenen Zusammensetzung des zuerst aufgeführten Fumarolengases, dessen Flammentemperatur, so giebt die Rechnung kaum 152°C. , mithin einen Wärmegrad, der weit unter der Entzündungstemperatur des Wasserstoffs liegt.

Diese Gase sind daher nur noch in der Glühhitze brennbar, und können daher im günstigsten Falle durch eine solche Verbrennung nur einen Temperaturzuwachs von

152° C. hervorbringen, der sich natürlich in der Glühhitze jeder Wahrnehmung durch das Auge entziehen mußte.

Da, wie ich oben gezeigt habe, auch die palagonitische Metamorphose von einer Wasserstoffausscheidung begleitet ist, so scheint es fast, als ob die Quellen dieses Gases nicht zweifelhaft seyn könnten. Allein es findet sich in der Constitution der untersuchten Gasgemenge selbst ein directer Beweis, daß weder die Palagonitbildung noch eine durch Alkali und Erdmetalle bedingte Wasserzersetzung irgend einen Antheil an der Bildung des vulcanischen Wasserstoffs haben kann. Denn jeder dieser beiden Processe setzt eine Temperatur voraus, in welcher Kohlen-säure neben Wasserstoffgas nicht bestehen kann, ohne theilweise zu Kohlenoxydgas reducirt zu werden. Von diesem Gase findet sich aber unter den vulcanischen nicht die geringste Spur.

Außer dem Schwefelwasserstoff ist es vornehmlich noch die schwefelige Säure, welche den Charakter der Solfataren-Thätigkeit bedingt. Auch dieses Gas kommt stets in Gemeinschaft mit Wasserdampf zu Tage. Es kann bei der großen Leichtigkeit, mit der es sich in den condensirten Wasserdämpfen löst, nicht als Gas aufgesammelt werden. Aber schon der Geruch und die Reaction mit Jod, welche das aus solchen Dampfquellen condensirte Wasser hervorbringt, zeugt von der erheblichen Menge desselben. Da sich Schwefelwasserstoff und schwefliche Säure gegenseitig unter Abscheidung von Schwefel zersetzen, so können beide niemals zugleich auftreten. Sie finden sich aber nicht selten auf ein und demselben Fumarolenfelde dicht neben einander.

Man hat die Bildung der vulcanischen Gase, deren Wasserstoffgehalt bisher gänzlich übersehen worden ist, zum Theil mit organischen Zersetzungsprocessen in Verbindung bringen wollen. Allein die Gase, welche bei der freiwilligen Zersetzung oder bei der trockenen Destillation organische Reste bilden, zeigen auch nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit diesen Exhalationsproducten. Um

dies zu zeigen wird es hinreichen, hier nur einige Analysen anzuführen, welche ich mit Leuchtgas aus Steinkohlen und solchen natürlich vorkommenden brennbaren Gasgemengen angestellt habe, über deren organischen Ursprung kein Zweifel obwalten kann.

Sumpfgas aus einem Teich des botanischen Gartens in Marburg.

89.

	Sommer.	Winter.
Stickstoff	49,39	18,03
Sauerstoff	0,17	0,00
Kohlensäure	3,10	5,36
Grubengas	47,37	76,61
Wasserstoff	0,00	0,00
Kohlenoxyd	0,00	0,00
Oelbildendes Gas	0,00	0,00
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Gas aus einer bei Hannover erhobten Steinöl gebenden Soolquelle.

90.

Stickstoff	25,12
Sauerstoff	0,00
Kohlensäure	14,41
Schwefelwasserstoff	3,18
Grubengas	56,61
Steinöldampf	0,68
Wasserstoff	0,00
Kohlenoxyd	0,00
	<u>100,00.</u>

Gas aus dem Knistersalz von Wieliczka.

91.

Stickstoff	10,35
Sauerstoff	2,58
Kohlensäure	2,00
Grubengas	84,60
Wasserstoff	0,00
Kohlenoxyd	0,00
Oelbildendes Gas	0,00
	<u>100,00.</u>

Grubengas aus den Steinkohlenflötzen von Obernkirchen ¹⁾.

	92.
Stickstoff	7,16
Sauerstoff	0,45
Kohlenoxyd	2,61
Grubengas	97,53
Wasserstoff	0,00
Kohlenoxyd	0,00
Oelbildendes Gas	0,00
	<u>100,00.</u>

Gas aus den Aachner Thermalquellen.

	93. Kaiserquelle.		94. Corneliusquelle.	
	Frei aufstei- gendes Gas.	Im Wasser diffundirtes Gas.	Frei aufstei- gendes Gas.	Im Wasser diffundirtes Gas.
Stickstoff	66,98	9,00	81,68	7,79
Sauerstoff	0,00	1,23	0,00	0,00
Kohlensäure	30,89	89,40	17,60	92,21
Schwefelwasserstoff	0,31	0,00	0,00	0,00
Grubengas	1,82	0,37	0,72	0,00
Wasserstoffgas	0,00	0,00	0,00	0,00
Kohlenoxyd	0,00	0,00	0,00	0,00
Oelbildendes Gas	0,00	0,00	0,00	0,00
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

	Quirinusbad. 95.	Rosenquelle. 96.
Stickstoff	6,41	9,14
Sauerstoff	0,08	0,00
Kohlensäure	93,25	90,31
Schwefelwasserstoff	0,00	0,00
Grubengas	0,26	0,55
Wasserstoff	0,00	0,00
Kohlenoxyd	0,00	0,00
Oelbildendes Gas	0,00	0,00
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

1) Aus demselben Bohrloch, aus welchem Bischof eine Gasprobe zu seinen Untersuchungen schöpfte.

Im Nenndorfer Schwefelwasser diffundirtes Gas.

	Trink- quelle. 97.	Quelle unter dem Gewölbe. 98.	Bade- quelle. 99.
Stickstoff	17,30	19,91	23,91
Sauerstoff	0,00	0,00	0,00
Kohlensäure	69,38	68,29	72,63
Schwefelwasserstoff	11,86	11,72	3,29
Grubengas	1,46	0,28	0,17
Wasserstoff	0,00	0,00	0,00
Kohlenoxyd	0,00	0,00	0,00
Oelbildendes Gas	0,00	0,00	0,00
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Gereinigtes Steinkohlengas aus einem Englischen Gewerk.

	100.
Stickstoff	1,89
Sauerstoff	0,00
Kohlensäure	2,83
Schwefelwasserstoff	Spur
Grubengas	26,91
Wasserstoff	35,13
Kohlenoxyd	5,11
Elaylgas	2,70
Ditetrylgas	2,28
	<u>100,00.</u>

Man sieht schon aus diesen Analysen, denen ich noch eine größere Zahl anderer hinzufügen könnte, daß die vulcanischen Gase durch die Abwesenheit aller brennbaren kohlenstoffhaltigen Bestandtheile charakterisirt sind, während diese letzteren in den gasförmigen Producten der trockenen Destillation und der freiwilligen Zersetzung organischer Reste kaum je fehlen.

Können demnach die Solfatarengase in keiner Weise organischen Ursprungs seyn, so bedarf es auf der andern Seite nicht einmal einer besonderen Hypothese, um ihre Entstehung zu erklären. Der einfachste Versuch zeigt, daß wo Schwefel und Wasserdampf mit erhittem Pyroxenge-

steinen zusammentreffen, alle Bedingungen zu ihrer Bildung gegeben sind. Leitet man Schwefeldampf in der Glühhitze über Basalt oder irgend ein anderes der eben betrachteten Pyroxengebilde, so tritt eine partielle Zersetzung des in diesen Gesteinen enthaltenen Eisenoxydes ein, indem sich der Schwefel in dessen Bestandtheile theilt. Der Sauerstoff des Oxydes entweicht in der Form von schwefliger Säure, und das Metall bleibt als Schwefeleisen im Gestein zurück. Leitet man darauf Wasserdämpfe in der angehenden Glühhitze über die auf die angegebene Weise mit Schwefeldampf behandelte Gebirgsart, so entweicht unter Bildung von Eisenoxyduloxyd eine reichliche Menge Schwefelwasserstoff. Uebersteigt die Temperatur nur um Weniges die angehende Glühhitze, so zerfällt ein Theil dieses Schwefelwasserstoffs in seine Elemente und man findet neben dem Schwefelwasserstoff eine erhebliche Menge freien Wasserstoffs nebst Schwefeldampf. Basaltbrocken vom Stempelskopf bei Marburg in Schwefeldampf geglüht, und dann mit Wasserdampf in höherer Temperatur behandelt, gaben ein Gasgemenge von der nachstehenden Zusammensetzung:

Schwefelwasserstoff	93,99
Wasserstoff	6,01
	<hr/> 100,00.

Die Erscheinungen, welche der Solfatareenthätigkeit zum Grunde liegen, sind nach diesen Versuchen leicht verständlich. Es ist bekannt, dafs fast alle vulcanischen Eruptionen von Schwefelsublimationen begleitet sind. Wo solche Schwefelmassen, deren Auftreten sich leicht aus der Einwirkung der vulcanischen Hitze auf zersetzbare Schwefelverbindungen erklärt, den glühenden Pyroxengesteinen in Dampfgestalt begegnen, liegt daher die Zone, aus der die schweflige Säure ihren Ursprung nimmt. Sinkt darauf die vulcanische Thätigkeit zu niederen Temperaturen herab, so tritt die chemische Thätigkeit dieser Zone in eine neue Phase. Die daselbst erzeugten Schwefelverbindungen des Eisens und vielleicht auch der Erd- und Alkalimetalle be-

ginnen ihre Wirkung auf den Wasserdampf, und als Resultat dieser Wechselwirkung entsteht Schwefelwasserstoff und dessen Zersetzungsproducte, freier Wasserstoff und Schwefeldampf. Man sieht daher, daß diese beiden Prozesse in einander verlaufen, und sich in einer Weise begegnen, die das regellose gleichzeitige Auftreten jener Gase an wenig von einander entlegenen Stellen des Fumarolensbodens nothwendig bedingen muß. In diesen Vorgängen liegt zugleich die Erklärung des chronologischen Verlaufes der Fumarolenthätigkeit. Zu der schwefligen Säure, deren ausschließliches Auftreten den Beginn aller dieser Erscheinungen bezeichnet, gesellt sich zunächst der Schwefelwasserstoff, und bewirkt durch seine Wechselwirkung mit dem ersteren Gase jene Folge von Zersetzungen, welche die eigentlichen Solfataren charakterisiren. Saure Flüssigkeiten durchtränken den von abgeschiedenen Schwefelmassen durchzogenen, von Wasserdämpfen angewühlten Boden, und verwandeln, wie ich früher gezeigt habe, dessen Gesteine, mögen sie der pyroxenischen oder der trachytischen Gruppe angehören, in Thon, indem sie den Silicaten Kali, Natron, Magnesia, Kalkerde, Eisenoxydul und oft einen Theil der Thonerde als schwefelsaure Salze entziehen.

Auf diese zerstörende Thätigkeit folgt im Laufe der Zeiten eine schaffende, die in dem Maasse zunimmt, als die Quelle der schwefligen Säure versiegt, und die sich mehr und mehr erschöpfende Schwefelwasserstoffentwicklung in größere Tiefen zurücksinkt. Dadurch verschwindet die saure Reaction des den Boden durchtränkenden Wassers und macht einer alkalischen Platz, die in der Bildung von Schwefelalkalien auf Kosten des nun nur allein noch wirkenden Schwefelwasserstoffs ihren Grund hat. Zugleich beginnt mit dem Erlöschen der sauren Reaction die Einwirkung der freien Kohlensäure auf die Gesteine und mit dem daraus hervorgehenden alkalischen Bicarbonaten ist das Lösungsmittel für die Kieselsäure gegeben, aus der sich nach den einfachsten schon früher von mir entwickel-

ten Gesetzen jene wunderbaren Geisirapparate aufbauen, die das großartige Spiel der Isländischen Eruptivquellen vermitteln.

Als die Endglieder in der chronologischen Reihenfolge aller dieser Erscheinungen treten dann endlich zuletzt nur noch die Kohlensäurequellen auf, welche die plutonischen Katastrophen am längsten zu überdauern pflegen und die ausschließlich auf den Westen Islands beschränkt zu seyn scheinen.

Die Fumarolenfelder an den Krateren des Hekla befanden sich kurz nach der Eruption vom Jahre 1845, wo ich sie sorgfältiger zu untersuchen Gelegenheit hatte, in jenem Zustande, den ich als die erste Phase der vulcanischen Nachwirkungen bezeichnet habe. Es liefs sich daselbst weder durch den Geruch, noch durch Reagentien die geringste Spur von Schwefelwasserstoff nachweisen, während sich neben den reichlichen Schwefelsublimationen die Gegenwart der schwefligen Säure schon in weiten Entfernungen von den Krateren durch den Geruch unzweifelhaft zu erkennen gab. Zwar zeigten sich über den Fumarolen bei Annäherung einer brennenden Cigarre jene dicken Rauchwolken, welche Piria als ein Kennzeichen geringer Schwefelwasserstoffspuren nachgewiesen hat. Da man sich indessen leicht durch den Versuch überzeugen kann, dafs auch Schwefel für sich, wenn er mit Wasserdämpfen sublimirt, dasselbe Phänomen hervorbringt, so bleibt es zweifelhaft, ob auch nur eine Spur von Schwefelwasserstoff damals die Krateremanationen begleitet habe. Ganz dieselben Erscheinungen habe ich im Jahre 1843 im Krater des Vesuvs beobachtet, als dieser nach einer längeren Zeit der Ruhe zu erneuerter Thätigkeit erwachte, und wieder in periodische Dampfdetonationen zu Schlacken erstarrende Lava aus seinen Kraterkegeln emporzuspritzen begann. Ebenso scheinen die letzten Eruptionen des Krafla und Leirhnúkr im vorigen Jahrhundert, nach den uns darüber aufbewahrten, übrigens höchst dürftigen und mangelhaften

Nachrichten von solchen Erscheinungen begleitet gewesen zu seyn.

In den ausgedehnten Solfataren, welche diese letztern Vulcane umgeben, zeigt sich gegenwärtig die zweite Phase der vulcanischen Nachwirkungen in der großartigsten Entwicklung, während die dortige Thätigkeit schon in bedeutendem Abnehmen begriffen ist. Es treten daselbst die Emanationen der schwefligen Säure, wie zu Krisuvík im Südwesten von Island, schon bedeutend gegen die Masse des Schwefelwasserstoffs zurück, der hier in überwiegender Menge aus dem dampfenden Thouboden und den kochenden Schlammpfuhlen entweicht.

Was endlich die dritte Entwicklungsphase dieser Vorgänge betrifft, die sich in den Geiserphänomenen kund gibt, so läßt sie sich in ihrer chronologischen Beziehung kaum irgendwo schöner beobachten, als an der berühmten Quelle zu Haukadals selbst, welche vorzugsweise den Namen des großen Geisirs führt. Der Krater dieser Quelle, der das Material zu seinem Kieseltuffmantel, wie die meisten dieser Quellen, aus dem leicht zersetzbaren Palagonittuff empfangen hat, ruht auf einem noch immer thätigen Fumarolenboden, der am nordwestlichen, durch einen Wasserriß aufgeschlossenen, Rande des Quellenkonus zu Tage liegt. Die daselbst den Fumarolenthon durchbrechenden Dampfstrahlen stimmen auf das Vollkommenste in ihrer äußeren Erscheinung, und in ihren Wirkungen mit den Quellen überein, welche man in den Solfataren von Krisuvík und Reykjahlidh antrifft, nur daß man am Geisir schon jede Spur von schwefliger Säure vermißt, und mit derselben auch jede erhebliche Ablagerung von Schwefelkrusten. Ein Blick auf die nachstehende Zusammensetzung der Gase, welche diesem Fumarolenboden des Geisirs entnommen sind, müssen in der That jeden Zweifel an dem identischen Ursprung aller dieser Erscheinungen beseitigen:

	101.
Stickstoff	84,11
Kohlensäure	8,92
Wasserstoff	6,59
Schwefelwasserstoff	0,38
Kohlenoxyd	0,00
Grubengas	0,00
Sauerstoff	0,00
	<u>100,00.</u>

Das Verhältniß des Wasserstoffs zum Schwefelwasserstoff und zur freien Kohlensäure giebt auch hier den Maassstab für den Verbrauch der letzten beiden Gase, der hier, wie man sieht, ein weit größerer ist, als in den Solfataren. In diesen wenigen einfachen und leicht verständlichen Processen der vulcanischen Gasbildung liegt der Schlüssel zu einer ganzen Reihe von metamorphischen Umbildungen, die man unter dem Namen der pneumatolytischen als eine allgemeine und weit verbreitete Klasse von Erscheinungen zusammenfassen kann. Die leicht selbst durch directe Versuche nachweisbare Entstehungsart und Zusammensetzung der sauren und alkalischen Thermalmassen Islands folgt aus diesen Vorgängen mit einfacher Consequenz, und die thonigen Umbildungen, welche man an den Saalbändern der trachytischen und pyroxenischen Gänge im ausgedehntesten Maassstabe, aber in den von plutonischen Gesteinen durchdrungenen Schichten der conglomeratischen Mandelsteine und Tuffe beobachtet, sind zum Theil nur aus einer grofsartigen Wiederholung eben jener Zersetzungsprocesse hervorgegangen, welche wir noch täglich an der Oberfläche der Isländischen Solfataren unter unsern Augen vor sich gehen sehen. Ohne hier die minder interessanten Gesteinsbildungen ausführlicher zu berühren, welche durch die vereinzelt wirkenden von Wasserdampf und Salzsäure bedingt sind, will ich mich, um diese Mittheilung nicht über ihre Gränzen auszudehnen, nur noch auf eine kurze Andeutung einiger Gesteinsumbildungen beschränken, welche unter dem Einflufs der Solfatarengase vor sich ge-

hen, und mit denen sich die lange Reihe der Gesteinsmetamorphose abschließt. Während die palagonitische Metamorphose wasserhaltige Producte erzeugt, in denen das relative Verhältniß der normalpyroxenischen Gesteinsmasse kaum geändert erscheint, ist die pneumatolytische Metamorphose von einem Substanzverlust des zersetzten Gesteins begleitet, der sich zunächst auf die Alkalien und alkalischen Erden und ferner auf die Oxyde des Eisens und die Kieselerde erstreckt. Die Einwirkung der Fumarolengase, der kein vulcanisches Gestein, selbst nicht der sauerste Trachyt, zu widerstehen vermag, läßt sich zunächst an den Gesteinen des Solfatarenbodens selbst durch alle Phasen einer fortschreitenden Zersetzung verfolgen. Die ersten Anfänge geben sich durch eine leichtere Färbung der Gesteine zu erkennen; dem damit verbundenen matten Ansehen folgt nach und nach eine Auflockerung der Masse, die sich bis zur leichten Zerreiblichkeit steigert, bis endlich nach vollendeter Einwirkung eine fast eisenoxydfreie, plastische, nach dem Trocknen leicht zerreibliche, auf den Strich glänzende Thonmasse zurückbleibt, die einem weitem Angriff vollkommen widersteht. Bei diesem Processe treten als charakteristische Nebenproducte, deren specielle Bildungsweise ich bereits bei einer andern Gelegenheit ausführlicher erörtert habe¹⁾, Krystalle von Schwefelkies, zu Hyalith eintrocknende Kieselerde, Eisenoxydhydrat, und aus diesem schon bei anhaltendem Kochen mit Wasser gebildetes Eisenoxyd, so wie unter Umständen auch kohlensaurer Kalk oder Gyps auf.

Die Quellen des großen Geisirs haben ihre kieseligen Incrustationen über einem palagonitischen Tuffboden aufgebaut, der, wie ich schon oben erwähnt habe, von Solfatarengasen durchbrochen wird. Aus dieser mit Kieseluff und Thalgeröllen bedeckten palagonitischen Schicht erhebt sich der kleine trachytische Gebirgsrücken des Langarfjall der sich längs den Quellen in nordöstlicher Richtung entlangzieht. Am Abhange dieses Hügels lassen sich bis zu

1) Liebig's Ann. Bd. 61 S. 1.

dessen trachytischem Felskamm hinauf die Spuren einer alten, nicht unerheblichen Geisirthätigkeit verfolgen, die bis auf ein Paar vereinzelte unerhebliche Dampfquellen fast ganz erloschen ist, und unter diesen findet sich eine, welche aus dem trachytischen Gestein selbst hervordringt und dasselbe in eine weisse, erdige, zerreibliche Masse von mattem Ansehen, und zwar in eine plastische Thonmasse verwandelt hat. Die nachstehenden Analysen des ursprünglichen und des zu jener erdigen Masse zersetzten Trachyts zeigen, dafs es vorzugsweise die Alkalien sind, welche zunächst dem Gestein unter Wasseraufnahme entzogen werden:

	102.		103.
	Unzersetzter Trachyt.		Zersetzter Trachyt.
Kieselerde	75,48		75,84
Thonerde	12,97		13,71
Eisenoxydul	2,61	Eisenoxyd	3,21
Kalkerde	1,01		0,70
Magnesia	0,03		0,14
Kali	5,43		1,24
Natron	2,72		1,94
Wasser	0,32		2,18
	100,57		98,96.

Die erdige Masse geht endlich bei gesteigerter Einwirkung der Fumarolengase in einen fetten geschmeidigen Pfeifenthon über, worin sich das Eisen des Gesteins in der Form kleiner Schwefelkieskrystalle wiederfindet, deren Bildung, wie ich früher gezeigt habe, auf einem sehr einfachen Zersetzungsproceß beruht. Die ersten Anfänge dieser pneumatolytischen Metamorphose sind nicht ausschliesslich an die gleichsam concentrirten Dampferuptionen der Solfataren gebunden; sie erstrecken sich vielmehr nicht selten über weit ausgedehnte Massen trachytischer Gesteine. Besonders da, wo diese die Pyroxengesteine durchbrechen, oder von denselben durchbrochen werden, also in den nächsten Umgebungen der Heerde, aus denen, wie ich oben gezeigt habe, die Solfatarengase ihren Ursprung nehmen,

zei-

zeigen sich alle jene charakteristischen Merkmale, welche den Beginn solcher Fumarolenwirkungen bezeichnen. Die gelblich oder bläulich graue Färbung des Trachyts wird durch ein blendend weißes Ansehen verdrängt, das Gestein nimmt eine mehr matte Beschaffenheit an, und wenn auch die Zersetzung nicht so weit fortzuschreiten pflegt, daß eine bedeutende Auflockerung und ein erheblicher Verlust an Alkalien bemerkbar wird, so läßt sich doch schon eine Menge kleiner meist mikroskopischer Schwefelkieskrystalle und ein nicht unerheblicher Wassergehalt im Gestein als charakteristische Merkmale der eingetretenen Solfatarenwirkung nachweisen. Viel häufiger und ausgebildeter aber treten diese Merkmale an den Saalbändern der trachytischen Gänge selbst auf, wo die Metamorphosen und reichlichen Schwefelkiesbildungen im angränzenden Gestein den Lauf bezeichnen, welchen die Gase als Nachwirkungen der großen Trachyterhebungen einst genommen haben.

Leichter noch als die sauern Trachyte sind die basischen Palagonite und Pyroxengesteine unter dem Einfluß des erhitzten Wassers und der darin gelösten Gase zersetzbar. Das dunkle Gestein nimmt auch hier zunächst eine hellere Farbe an, und lockert sich zu einer erdigen Masse auf, die immer reicher an Wasser, und immer ärmer an alkalischen Basen und Eisenoxydul wird, bis sie sich ganz in einen weißen, blaugrauen, gelben oder rothen Thon verwandelt hat, der lagenweis mit kleinen Schwefelkrystallen erfüllt ist, und der nicht selten Beimengungen von Gyps enthält. Alle Stadien dieser Metamorphose lassen sich bisweilen an einem und demselben Stück der dem Solfatarenboden entnommenen Pyroxengesteinen beobachten. Der oft noch völlig unzersetzte Kern geht allmählich nach Außen hin in eine plastische Thonmasse über, die aus einzelnen, bald schwefelkiesfreien, bald schwefelkieshaltigen Lagen von abwechselnd weißer, grauer, gelber oder braunrother Färbung besteht. Die eben aufgeführte Pala-

gonitsubstanz des Tuffs, welche die Umgebungen der Kri-
suvíker Solfatara bildet, besteht aus:

	104.	Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	37,95	20,09	20,60
Thonerde	13,61	10,49	10,30
Eisenoxyd	13,75		
Kalkerde	6,48		
Magnesia	7,13	5,47	5,15
Kali	0,42		
Natron	1,72		
Wasser	12,68		
Phosphorsäure	0,43		
Rückstand	7,25		
	101,42.		

Man sieht, daß die Zusammensetzung fast ganz scharf der
für den Palagonit aufgestellten Formel $R_3Si_2 + 2R'Si + aq$,
und mithin auch sehr nahe der Zusammensetzung der nor-
malpyroxenischen Gesteinsmasse entspricht. Ein aus die-
sem Tuff entstandener Fumarolenthon enthielt gegen 30
Procent sehr schön ausgebildeter kleiner Schwefelkieskry-
stalle und die von diesen Schwefelkiesen abgeschlammte
graue Thonmasse bestand aus:

	105.	Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	49,84	26,38	25,75
Thonerde	26,78	12,52	12,88
Kalkerde	0,38	1,89	2,15
Magnesia	1,09		
Kali	0,26		
Natron	0,10		
Eisenoxydul	5,73		
Schwefeleisen	1,53		
Gyps	0,55		
Wasser	14,95		
	101,22.		

Das Gemenge aus dem diese Thonmasse besteht, ent-
spricht der empirischen Formel $R'Si_2 + 2R'Si + aq$. Ganz
dieselbe Zersetzung beobachtet man an den pyroxenischen

Gesteinen. Am nordöstlichen Fufse des Námarfjall, bei Reykjahlidh, findet sich eine Anzahl großer kochender Schlammfuhle, die ihren thonigen schwarzgrauen Inhalt gegen 10 bis 15 Fufs hoch emporschleudern und zu kraterartigen Wällen um sich aufhäufen. Einer dieser Kessel zeigt noch in der Tiefe Spuren des austretenden pyroxenischen Lavastromes, der die Solfataren nach Nordosten hin begränzt, und dessen zersetztes Gestein den Thonschlamm bildet, welcher den kochenden Kessel erfüllt. Die nachstehende Analyse dieses Schlammes zeigt, dafs das den Solfatarengasen ausgesetzte Lavagestein demselben Zersetzungsprocesse wie der Palagonit unterliegt.

	106.
Kieselerde	55,62
Thonerde	12,77
Eisenoxyd	1,91
Kalkerde	1,56
Magnesia	0,36
Kali	0,43
Natron	1,18
Wasser	5,53
Schwefel	0,92
Schwefelsaurer Kalk	3,45
Schwefelkies	16,27
	<u>101,00.</u>

Wenn man schon auf die verhältnismässig geringfügigen Eruptionen der noch thätigen Vulcane eine Jahrhunderte lang andauernde Solfatarenthätigkeit folgen sieht, so wird man gewiss erwarten dürfen, Spuren ähnlicher Vorgänge bei den um Vieles gröfseren Katastrophen anzutreffen, aus denen die älteren trachytischen und pyroxenischen Gebirgsmassen hervorgegangen sind. Und diese beobachtet man in der That mit allen ihren charakteristischen Merkmalen an den plutonischen Gängen oder Injectionsgebilden Islands, und verfolgt sie von diesem aus unter Verhältnissen, die keinen Gedanken an jene Einwirkungen aufkommen lassen, welche die Gesteine unter dem

Einflüsse eines einfachen Auslaugungsprocesses durch Tagewässer erleiden. Denn die Pneumatolyse findet oft ohne Fortführung der metamorphosirten Bestandtheile statt. Die pyroxenischen, an ihren Saalbändern in ein mit Schwefelkies, kohlensaurem Kalk und Gyps gemengten Thon übergehenden Ganggesteine zeigen eine Beschaffenheit, die sie weder mineralogisch, noch chemisch von jenen Zersetzungsmassen unterscheiden läßt, welche man an den Gesteinen der Solfatarenfelder wahrnimmt, und die schon dem bloßen Anblick nach völlig verschieden von jenen Zersetzungsringen sich darstellen, welche die mit Quellenschichten communicirende Klüfte im Innern desselben Gesteins zeigen, mag die Zersetzung weniger oder bereits schon weiter fortgeschritten seyn, als an jenen Gängen selbst. Ein schönes Beispiel jener Art bietet ein basaltischer Gang dar, der an der nordöstlichen Küste von Vidhey im Hafen von Reykjavik den daselbst anstehenden älteren Trapp durchbrochen hat. Dieser letztere zeigt einen beträchtlichen Wassergehalt und besitzt genau die Zusammensetzung der normalpyroxenischen Masse. Wo er den Basaltgang berührt, bemerkt man eine tachylitartige Erkaltungsrinde, die pechschwarz ist, muschlichen Bruch und Glasglanz zeigt, an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur getrocknet, nur 0,84 Proc. Wasser enthält, und ganz das unzersetzte Ansehen eines frischen obsidianartigen Glases darbietet. Die nachstehende Analyse zeigt, daß diese Rinde wirklich nur geschmolzene normalpyroxenische Masse ist, von derselben Zusammensetzung, wie das übrige Trappgestein, aus dem sie durch seitliche Schmelzung und schnelle Abkühlung entstand.

	107.
Kieselerde	47,58
Eisenoxydul	17,51
Thonerde	13,78
Kalkerde	11,36
Magnesia	6,48
Natron	2,90
Kali	0,60
Wasser	0,84
	<hr/> 101,05.

Das schwarzgraue Gestein des Basaltganges selbst hat ein mattes erdiges Ansehen, enthält Schwefelkies nebst Kalkspath in seiner dichten Masse eingesprengt, und gleicht auf das Täuschendste den Steinkernen, welche man bisweilen in pyroxenischen Einschlüssen findet, die durch Verweilen im Solfatarenboden an der Oberfläche bereits in schwefelkieshaltigen Thon verwandelt sind, im Mittelpunkt an ihrem Kern aber erst eine beginnende Zersetzung erlitten haben. Die Zusammensetzung dieser veränderten Basaltmasse giebt vollkommen Aufschluss über die Natur der darin erfolgten Metamorphose.

	108.
Kieselerde	46,47
Thonerde	14,71
Eisenoxydul	14,29
Kalkerde	8,04
Magnesia	4,98
Natron	1,53
Kali	0,87
Kohlensaurer Kalk	5,35
Schwefelkies	1,04
Wasser	3,58
Gyps	Spur
	<hr/> 100,86.

Es zeigt sich hier die merkwürdige Thatsache, daß wenn man den metamorphosirten Kalk- und Eisenoxydulgehalt dem ursprünglichen Silicate wieder zugezählt die Zusammensetzung der normalpyroxenischen Masse fast genau wieder herauskommt, nämlich:

	109.	
Kieselerde	49,17	
Thonerde	15,57	} 31,35
Eisenoxydul	15,78	
Kalkerde	11,68	
Magnesia	5,27	
Natron	1,62	
Kali	0,92	
	<hr/> 100,00.	

Die Zusammensetzung, welcher, wie im normalen Pyroxengestein, das Sauerstoffverhältnifs von 3:1,936 in der Kieselerde und den Basen entspricht, beweist, dafs die im Gestein vorgegangene Umwandlung nicht mit einer erheblichen Auslaugung verbunden gewesen seyn kann, und dafs es demnach nicht Wasserströme, sondern im Wasser sich diffundirende Gase und Dämpfe waren, die das durchfeuchtete Gestein trafen, und metamorphosirten. Jener merkwürdige Trachytgang am südöstlichen Fusse des Esjagebirges, dessen Verschmelzung mit seinem pyroxenischen Nebengestein wir oben ausführlicher erörtert haben, hat ganz ähnliche Wirkungen auf sein Nebengestein ausgeübt, welches dadurch auf eine ziemlich weite Erstreckung hin in eine pechschwarze, bald matte, bald fast glasglänzende, obsidianartige, Zeolith und Kalkspath innig eingesprengt enthaltende Masse verwandelt ist, die, nach ihrer Zeolithmischung und nach den oft noch erkennbaren erdigen pyroxenischen Gesteinseinschlüssen zu urtheilen, ein zu Zeolithgestein metamorphosirter Palagonittuff ist. Die Analyse gab als Durchschnittszusammensetzung für diefs Gestein:

	110.
Kieselerde	47,47
Thonerde	11,85
Eisenoxydul	15,24
Kalkerde	5,76
Magnesia	7,17
Natron	1,93
Kali	0,32
Kohlensauren Kalk	8,45
Wasser	2,61

Die Abwesenheit von Schwefelkies und Gyps beweist, dafs es Kohlensäure allein war, welche die Metamorphose in dem durchfeuchteten Gestein bewirkte. Restituirt man auch hier den Kalk des ursprünglichen Gesteins aus dessen eingesprengten Kalkspathgehalt, so erhält man für das wasserfreie Gestein:

	III.
Kieselerde	50,25
Thonerde	12,54
Eisenoxydul	16,15
Kalkerde	11,09
Magnesia	7,59
Natron	2,04
Kali	0,34
	<hr/> 100,00.

Also wiederum ein Gestein, das fast genau noch die normalpyroxenische Zusammensetzung besitzt, und zwar mit dem Sauerstoffverhältnifs 3:1,81, welches dem entsprechenden Verhältnifs im Palagonit 3:1,95 außerordentlich nahe kommt. Das auf wasserfreie Substanz berechnete Palagonitgebilde von Laugarvatnshellir besitzt fast ganz genau die Zusammensetzung dieses in allen seinen Eigenschaften so gänzlich verschiedenen Gesteins:

	112.
Kieselerde	50,71
Thonerde	13,55
Eisenoxydul	15,44
Kalkerde	10,75
Magnesia	7,98
Natron	0,76
Kali	0,81
	<hr/> 100,00.

Wäre dieser über 8 Proc. betragende Gehalt an kohlen-saurem Kalk nicht durch Eindringen von Kohlensäure in das wasserdurchfeuchtete Gestein, sondern aus durchsickern-dem kalkhaltigem Wasser abgesetzt, so würde es unbegreiflich seyn, weshalb der Kalkgehalt des eingesprengten Kalkspaths, dem Silicate hinzugefügt, wieder fast genau die Zusammensetzung des ursprünglichen Gesteins hätte geben, wie ferner diese ungeheure Auslaugung auf die so leicht zersetzbare Alkalien ohne erheblichen Einfluß hätte bleiben können, oder wie endlich ein solcher Kalkabsatz in der dichten, von eigentlichen Blasenräumen freien Ge-

steinsmasse hätte stattfinden sollen. Ohne diese Verhältnisse ausführlicher schon hier zu verfolgen, mag es genügen, nur noch ein Paar Beispiele dieser Fumarolenwirkungen anzuführen, welche man in Island oft ohne Beziehung zu dem Laufe der Quellenschichten von den plutonischen Gängen ausgehen, und sich in das umgebende Gestein verbreiten sieht.

Wo man auf dem Wege von Hrúni nach Stórinupr zuerst die Laxá erreicht, erhebt sich am südöstlichen Ufer dieses Flusses die Trachytklippe Arnarhnipa, welche von einem pyroxenischen Ganggestein durchsetzt ist, dessen Ränder durch Fumarolenwirkung in einen zerdrückbaren, lavendelblauen Schwefelkies und kohlensaurer Kalk enthaltenden Thon von der untenstehenden Zusammensetzung verwandelt ist:

	113.
Kieselerde	47,05
Thonerde	10,91
Eisenoxydul	12,66
Kalkerde	11,79
Magnesia	7,73
Natron	1,23
Kali	0,75
Kohlensaurer Kalk	1,01
Schwefelkies	0,20
Wasser	6,67
Gyps	Spur
	<hr/> 100,00.

Bei der ungleichen Vertheilung des lagenweis ausgeschiedenen Schwefelkieses ist es nicht möglich diefs Zersetzungsproduct mit dem ursprünglichen Gestein zu vergleichen, aus dem es entstand. Dasselbe gleicht nicht nur seiner Zusammensetzung nach, sondern auch im äußern Ansehen vollkommen einem durch Solfatarenwirkung zersetzten Gestein, während es nicht die mindeste Aehnlichkeit mit den durch bloße Wassereinwirkung auf den Klüften pyroxenischer Gesteine entstehenden Zersetzungs-

sen zeigt. Weiter nach dem Innern des Ganges hin wird das Gestein schwerer zersprengbar, von weniger zersetztem Ansehen, und in seiner ganzen Masse von Kalkspath durchschwärmt. Als Zusammensetzung dieser Masse ergab sich:

	114.
Kieselerde	50,82
Thonerde	11,10
Eisenoxydul	12,97
Kalkerde	4,34
Magnesia	3,90
Natron	1,93
Kali	0,31
Kohlensaurer Kalk	8,16
Schwefeleisen	0,26
Wasser	5,05
Gyps	Spur
	<u>100,00.</u>

Auch hier begegnet man der merkwürdigen Thatsache, dafs das metamorphische Ganggestein nichts von seinen Bestandtheilen durch Auslaugung verloren hat, und dafs der darin auftretende Kalkspath und Schwefelkies nicht von Aussen zugeführt, sondern durch einfache Umsetzung der Bestandtheile an Ort und Stelle selbst gebildet wurde. Denn restituiert man dem Gesteine die im Kalkspath und Schwefelkiese enthaltenen Radicale als Kalk und Eisenoxydul, so erhält man ein tracheo-pyroxenisches Gestein von einer der Theorie vollkommen entsprechenden Zusammensetzung:

	115.	
	Gefunden.	Berechnet.
Kieselerde	56,48	56,48
Thonerde und Eisenoxydul	26,62	25,65
Kalkerde	9,78	8,91
Magnesia	4,33	4,99
Kali	0,34	1,38
Natron	2,15	2,59
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Diese Constitution entspricht einem Gemisch von 1 Trachyt- und 2,521 Pyroxengestein. Die Substanz der durchbrochenen Gebirgsart hat sich daher auch hier mit der durchbrechenden gemischt. Diese Beispiele, deren Zahl ich noch durch viele andere vermehren könnte, mögen zur Erläuterung der Thatsache genügen, daß die mit Wasser und Wasserdämpfen die Gebirgsarten durchdringenden Gase, deren Substanz an Ort und Stelle metamorphosiren können, ohne daß die gebildeten Zersetzungsproducte den Ort ihrer Entstehung verlassen.

Es bleibt mir zum Schlusse dieser übersichtlichen Zusammenstellung nur noch übrig, der Erscheinungen zu erwähnen, welche da auftreten, wo die pneumatolytischen Metamorphosen und die zeolithischen sich begegnen. Es gehen daraus die thonigen, an Zeolithen überreichen Mandelsteinconglomerate hervor, welche als mächtige Schichten oder massige Bildungen in regelloser Ordnung mit den pyroxenischen Eruptivgesteinen wechsellagern, und welche man als pyrocaustische Producte einer großen subterranean Fumarolenwirkung betrachten kann, bei welcher weniger Schwefelwasserstoff oder schweflige Säure, als Wasserdampf für sich oder mit Kohlensäure wirksam waren. Die schon oben erwähnten Umgebungen von Silfrastadir sind in dieser Beziehung besonders merkwürdig. Dieser kleine Ort liegt im Thale der Héradsvötn, das sich in den Skagafjörðr öffnet, und von Felswänden eingeschlossen ist, die aus einem mit zeolithischen Mandelsteinen und Palagonittuff wechselnden dichten Trappgestein bestehen. Der Trapp, welcher der grauen, grobkörnigen, über ganz Island verbreiteten Varietät angehört, geht ganz allmählig, ohne daß sich in den Klüften und Absonderungen des Gesteins eine bemerkbare Scheidungslinie erkennen ließe, in einen zähen blaugrauen zeolithischen Mandelstein von fast erdigem Ansehen über, dessen Substanz fast zum dritten Theil aus Krystalldrusen und derben Massen von Chabasit besteht. Dieser Mandelstein zeigt da, wo die homogene Mischung seiner Gemengtheile eine Durchschnittsana-

lyse gestattet, genau die Zusammensetzung des Trapps, in den er übergeht; und aus den nachstehenden auf wasserfreie Substanz berechneten Analysen ergibt sich, daß beide Gesteine aus reiner normalpyroxenischer oder palagonitischer Masse bestehen:

	116. Trapp.	117. Mandelstein.
Kieselerde	49,87	49,60
Thonerde	14,66	13,98
Eisenoxydul	13,57	14,60
Kalkerde	12,56	11,78
Magnesia	6,55	6,90
Kali	0,42	0,22
Natron	2,37	2,92
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Von dem Mandelstein findet ein ebenso allmäliger Uebergang in eine rothe thonige zerreibliche, nur einige Fuß mächtige, aber meilenweit sich erstreckende Schicht statt, die sich unter der Lupe als veränderter Mandelstein zu erkennen giebt, in dem sich die unveränderte Chabasitsubstanz mit allen charakteristischen Merkmalen ihrer Vertheilung und Aussonderung, von der zersetzten Gesteinsmasse umgeben, wiederfindet. Die dann folgenden palagonitischen Tuffschichten verknüpfen sich wieder in allmäligen Uebergängen durch alle Phasen einer fortschreitenden Zersetzung auf das Innigste mit jener thonigen Lage, so zwar, daß sich einzelne Absonderungen von dem festen dichten Trappgestein bis in die unveränderten Tuffschichten hinab verfolgen lassen. Dieselbe Metamorphose, die man im Kleinen mit jedem Palagonitstück hervorbringen kann, ist also hier von der Natur im großartigsten Maßstabe ausgeführt zur Zeit, als der feuerflüssige empordringende Trapp die untenliegenden Palagonitschichten mit sich verschmolz und durch Wasserverdampfung die rothe pneumatolytisch veränderte Mandelsteinschicht erzeugte. Wir sehen hier also die von den feuerflüssigen Trappmassen mit physikalischer Nothwendigkeit ausgehende Metamorphose in eine Fuma-

rolenwirkung endigen, deren Erzeugnisse auf das Vollkommenste denen des Solfatarenbodens gleichen. Man beobachtet diese Erscheinungen sehr häufig in Island, und häufiger noch in dem durch seinen Zeolithreichthum ausgezeichneten palagonitischen Trappsystem der Fär-Oer.

Aus diesen letzteren Thatsachen folgt mit unabweisbarer Nothwendigkeit, daß diese Zeolithbildung nicht auf einer Fortführung und auf einem Absatz von Stoffen beruht, sondern lediglich auf einer an Ort und Stelle erfolgten metamorphischen Umbildung palagonitischer Gesteine.

II. *Untersuchung über die im rohen Holzgeist enthaltenen Körper; von Dr. C. Voelckel, Professor am Lyceum in Solothurn.*

Aus den Untersuchungen von Liebig, Gmelin, Schweizer und Weidmann über den im Handel vorkommenden Holzgeist geht hervor, daß außer dem eigentlichen Holzgeist, dem Methyloxydhydrat, noch mehrere andere Körper in größerer oder in geringerer Menge in dem Holzgeist enthalten sind, welche sich von dem Methyloxydhydrat dadurch unterscheiden, daß sie sich nur schwierig oder gar nicht mit dem Chlorcalcium verbinden, und die daher durch wiederholte Destillation des Holzgeistes über Chlorcalcium, welches das Methyloxydhydrat bindet, erhalten werden können.

Gmelin nennt diesen Theil des Holzgeistes Lignon. Nach Schweizer und Weidmann besteht derselbe hauptsächlich aus zwei Substanzen, dem Xylit und dem Mesit. Vergleicht man aber die Resultate der Untersuchungen der genannten Forscher mit einander, so zeigen sich sehr bedeutende Abweichungen in den Analysen. Man muß daher annehmen, daß entweder der im Handel vorkommende

Holzgeist in Folge der ungleichen Destillationsweise und der Verschiedenheit der Hölzer, welche in den Holzessigfabriken verwandt worden, ganz verschiedene Körper enthalte; oder aber, daß die bis jetzt von verschiedener Seite untersuchten Flüssigkeiten mehr oder weniger gemischt waren.

Zur Bestätigung des Gesagten folgen hier die Analysen von Liebig, Gmelin, Schweizer und Weidmann. Nach denselben besteht derjenige Theil des Holzgeistes, welcher sich nicht mit dem Chlorcalcium verbindet, aus:

	Liebig.	Gmelin.		
		I.	II.	III.
Kohlenstoff	54,75	55,38	54,77	57,71
Wasserstoff	10,75	9,83	10,12	10,30
Sauerstoff	34,50	34,79	35,11	31,99
	100,00	100,00	100,00	100,00.

Schweizer und Weidmann ¹⁾ fanden bei ihrer ersten Untersuchung den Xylit zusammengesetzt aus:

	I.	II.
Kohlenstoff	52,63	52,36,
Wasserstoff	10,00	10,74
Sauerstoff	37,37	36,90
	100,00	100,00.

Schweizer und Weidmann berechneten auf diese Zahlen die Formel $C_6H_{14}O_3$.

Bei der zweiten Untersuchung ²⁾ erhielten die Genannten abweichende Resultate; die Analysen lieferten einen größeren Gehalt an Kohlenstoff, der zwischen 57 und 58,4 Proc. schwankte. Die neueste in Löwig's Chemie aufgeführte Analyse ergab in 100 Theilen:

Kohlenstoff	58,50
Wasserstoff	10,04
Sauerstoff	31,46
	100,00.

1) Pogg. Ann. Bd. 43, S. 593.

2) Pogg. Ann. Bd. 49, S. 135.

Diese letztere Analyse stimmt ziemlich nahe mit der oben angeführten Analyse III von Gmelin überein.

Schweizer und Weidmann änderten hierauf die frühere Formel des Xylits in $C_{12}H_{24}O_5$ um.

Bei meiner Untersuchung über die flüchtigen Oele des Holztheers erhielt ich in geringer Menge eine flüchtige Substanz, die in ihren Eigenschaften ganz mit dem Xylit übereinstimmte, die aber bei der Analyse eine Zusammensetzung ergab, welche von der des Lignons sowohl, als der des Xylits abwich. Diefs veranlafste mich eine umfassendere Arbeit über die im Holzgeist enthaltenen Körper vorzunehmen, deren Resultate ich in dem Folgenden mittheilen werde, und wodurch nicht blofs die Zusammensetzung dieser Körper festgestellt, sondern auch nachgewiesen werden wird, woher die Verschiedenheit der Analysen von Liebig, Gmelin, Schweizer und Weidmann kommt.

Allen Holzgeist zu der folgenden Untersuchung erhielt ich aus der hiesigen Fabrik des Hrn. Kaltmann, der denselben nach der Methode von Pasch, wie sie in Berzelius Chemie Bd. 8 S. 516 beschrieben ist, reinigte. Dieser Holzgeist ist vollkommen farblos, nimmt aber bei längerem Aufbewahren eine gelbliche Farbe an; er läfst sich mit Wasser in allen Verhältnissen mischen, ohne eine Trübung zu erleiden. Dieser Holzgeist ist daher so rein, als er nur sonst im Handel vorkommt. Der Holzgeist wurde keiner anderen Reinigung als einer einfachen Destillation unterworfen, und hierbei das zuletzt Uebergehende, welches sich mit Wasser schwach trübte, abgesondert.

Der destillierte Holzgeist wurde darauf mit einer gröfseren Menge Chlorcalcium zusammengebracht, das sich darin unter Erwärmen auflöste und nach dem Erkalten zu einer krystallinischen Masse erstarrte, woraus im Wasserbade ein kleiner Theil einer flüchtigen Flüssigkeit abdestillirt werden konnte. Dieses Destillat wurde nochmals über eine gröfsere Menge Chlorcalcium einige Zeit stehen gelassen, sodann abdestillirt; hierauf um jede Spur von reinem Holzgeist (Methyloxydhydrat) zu entfernen, da die

Verbindung von Chlorcalcium mit Holzgeist bei 100° C. immer etwas Holzgeist abgibt, mehrere Tage über frischem Chlorcalcium stehen gelassen, von dem Chlorcalcium abgegossen, und für sich destillirt. Die klare farblose Flüssigkeit beginnt bei 55° C. zu siedern, das volle Kochen tritt bei 60° C. ein; von da steigt das Thermometer langsam auf 62° C., wo es einige Zeit stationär bleibt, und nun langsam auf 65, 70, 80, 90, 100 zuletzt auf 120° C., bei welcher Temperatur, da nur noch wenig Flüssigkeit in der Retorte zurückgeblieben war, die Destillation unterbrochen wurde. Bei dem Rückstande fand sich noch eine geringe Menge Chlorcalcium. Aus dem steigenden Siedepunkte ergibt sich nun, daß diese Flüssigkeit, welche einen angenehmen durchdringenden Geruch besitzt, der einerseits an Aceton, andererseits an essigsaures Methyloxyd erinnert, und die sich mit Wasser in allen Verhältnissen ohne Trübung mischen läßt, eine sehr gemengte Substanz ist.

Da nach Schweizer und Weidmann der Xylit bei 61,5° C., der Mesit dagegen erst bei 71° C. kocht, so wurde die von 55 bis 71° C. übergende Flüssigkeit besonders aufgefangen, und dieselbe nochmals umdestillirt. Diese von 55 bis 71° C. übergende Theil beträgt ungefähr $\frac{2}{3}$ der ganzen Flüssigkeit; wir wollen dieselbe vor der Hand als Flüssigkeit A bezeichnen, und den von 71 bis 120° C. überdestillirenden Theil mit Flüssigkeit B.

Untersuchung der Flüssigkeit A.

Die Flüssigkeit besitzt alle Eigenschaften wie sie dem Xylit nach Schweizer und Weidmann zukommen. Nach Denselben ¹⁾ soll nun daraus auf folgende Weise reiner Xylit erhalten werden. »Der vom Mesit durch Destillation befreite Xylit wird mit einer größeren Menge von fein zerriebenem Chlorcalcium mehrere Tage in Berührung gelassen. Ein Theil Xylit verbindet sich mit demselben zu

1) Pogg. Ann. Bd. 49, S. 153.

einer gequollenen Masse, und in dem darüberstehenden unverbundenen Xylit ist der größte Theil der eingemengten Stoffe aufgelöst. Man bringt nun die Masse auf einen Trichter und läßt die Flüssigkeit soviel als möglich ablaufen. Der Rückstand wird nun in einem Destillationsapparat auf dem Wasserbade erhitzt, wobei die Verbindung sich zersetzt, und der gereinigte Xylit überdestillirt ¹⁾).

Bei Wiederholung dieser Methode fand sich, daß die Flüssigkeit *A* sich sehr leicht und zwar unter Erwärmen mit dem fein zerriebenen Chlorcalcium verbindet. Bei einem Ueberschuß an Chlorcalcium erstarrte die Flüssigkeit zu einer festen trocknen Masse, die im Wasserbade bei einer Temperatur von 100° C. selbst nach stundenlangem Erhitzen nur sehr wenig von der gebundenen flüchtigen Substanz abgiebt. Auf Zusatz von Wasser scheidet sich dieselbe wieder aus, und schwimmt als eine farblose Flüssigkeit über der concentrirten Lösung von Chlorcalcium in Wasser, wovon sie sich im Wasserbade vollkommen abdestilliren läßt.

Da auf diese Weise keine Trennung der Bestandtheile der Flüssigkeit *A* zu bewirken war, so wurde der Versuch mit dem Unterschied wiederholt, daß viel weniger fein zerriebenes Chlorcalcium genommen wurde; ungefähr die Hälfte der Flüssigkeit liefs sich sehr leicht in dem Wasserbade abdestilliren. Der mit dem Chlorcalcium verbundene Theil wurde darauf mit Wasser ausgeschieden, und die auf der concentrirten Lösung von Chlorcalcium sich ablagernde Flüssigkeit im Wasserbade abdestillirt, über Stücke von geschmolzenem Chlorcalcium entwässert, und nach dem Abgießen vom Chlorcalcium destillirt. Die Flüssigkeit begann bei 55° C. zu kochen, das volle Sieden trat bei 60° C. ein, aber der Siedepunkt stieg beständig und zwar zuletzt über 70° C. In der Retorte blieb ein ge-

1) Diese sowie die folgenden Destillationen wurden im Wasserbade vorgenommen, und, um die Flüssigkeit im gleichförmigen Sieden zu erhalten, einige Stückchen Glas oder Platindraht in die Retorte gebracht.

geringer Rückstand von Chlorcalcium, das die Flüssigkeit aufgelöst hatte.

Es wurde nun, da vermitteltst fein zerriebenen Chlorcalciums keine Scheidung der Gemengtheile der Flüssigkeit A zu bewirken war, die neuste von Schweizer in Löwig's Chemie beschriebene Methode versucht. Nach dieser soll man den Xylit chemisch rein erhalten durch Destillation der Krytalle von Xylit mit Chlorcalcium, die sich bilden, wenn geschmolzenes Chlorcalcium mit Xylit übergossen wird.

Es wurde nun eine größere Menge der Flüssigkeit A längere Zeit über Stücke von geschmolzenem Chlorcalcium stehen gelassen. Auf den äußeren Flächen des Chlorcalciums zeigte sich eine krystallinische Bildung. Nachdem die darüberstehende Flüssigkeit abgegossen war, wurde die mit dem Chlorcalcium verbundene Substanz durch Destillation abgeschieden. Aber auch hier stieg der Siedepunkt der abgeschiedenen Flüssigkeit von 55 bis auf 70° C. Läßt man die Flüssigkeit A einige Monate mit Stücken von geschmolzenem Chlorcalcium in Berührung, so verbindet sich zuletzt sämtliche Flüssigkeit mit dem Chlorcalcium zu einer krystallinischen Masse.

Es ist daher mit Chlorcalcium in Stücken ebenso wenig eine Trennung der gemischten Flüssigkeit zu bewirken, als mit fein zerriebenem.

Da sich die Flüssigkeit A in allen Verhältnissen in Wasser löst, aber daraus durch eine concentrirte Chlorcalciumlösung wieder ausgeschieden wird, so versuchte ich auf folgende Weise eine Trennung: Ein Theil der Flüssigkeit A wurde mit dem doppelten Volumen Wasser gemischt, und dann soviel concentrirte Chlorcalciumlösung zugesetzt, bis sich ungefähr die Hälfte der angewandten Flüssigkeit wieder ausgeschieden hatte. Dieser Theil wurde abgenommen, über festem Chlorcalcium entwässert, und der Destillation unterworfen. Es trat jedoch in Bezug auf den Siedepunkt die gleiche Erscheinung ein, wie bei den früheren; dasselbe zeigte sich auch bei der in der verdünnten Chlor-

calciumlösung enthaltenen Substanz, nachdem sie im Wasserbade abdestillirt und entwässert worden war.

Nachdem noch einige andere Versuche, aus der gemischten Flüssigkeit eine Substanz von constantem Siedepunkt abzuscheiden, erfolglos geblieben waren, so versuchte ich zuletzt die fractionirte Destillation. Die von 55 bis 71° C. überdestillirende Flüssigkeit A wurde in vier Portionen aufgefangen, nämlich:

erste Portion	von 55 bis 60° C.
zweite "	" 60 bis 63° C.
dritte "	" 63 bis 65° C.
vierte "	" 65 bis 71° C.

Die erste Portion betrug ungefähr den zehnten Theil; die zweite, die dritte und vierte waren sich nahezu gleich.

Im Geruch und Geschmack so wie in den übrigen physikalischen Eigenschaften waren diese vier Portionen nicht von einander zu unterscheiden.

Bei der Analyse wurden folgende Resultate erhalten:

I. 0,206 Gr. der ersten Portion (Siedepunkt 55 — 60° C.) gaben 0,441 Gr. Kohlensäure und 0,186 Gr. Wasser.

II. 0,227 Gr. der zweiten Portion (Siedepunkt 60 — 63° C.) gaben 0,489 Gr. Kohlensäure und 0,208 Gr. Wasser.

III. 0,242 Gr. der dritten Portion (Siedepunkt 63 — 65° C.) gaben 0,540 Gr. Kohlensäure und 0,228 Gr. Wasser.

IV. 0,232 Gr. der vierten Portion (Siedepunkt 65 — 71° C.) gaben 0,526 Gr. Kohlensäure und 0,218 Gr. Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.
Kohlenstoff	58,36	58,63	60,82	61,91
Wasserstoff	10,02	10,17	10,46	10,43
Sauerstoff	31,62	31,20	28,72	27,66
	100,00	100,00	100,00	100,00.

Die vierte Portion hat dieselbe Zusammensetzung wie das Aceton, womit auch der Mesit nach den Analysen von

Schweizer und Weidmann isomerisch ist; die Zusammensetzung der dritten Portion weicht nicht sehr bedeutend davon ab. Die Analysen der ersten und zweiten Portion stimmen ganz mit den neueren Analysen von Schweizer und Weidmann über den Xylit, so wie mit der dritten Analyse von Gmelin über das Lignon überein, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich ist.

	Lignon nach Gmelin.	Letzte Analyse des Xylits nach Schweizer.
Kohlenstoff	57,71	58,50
Wasserstoff	10,30	10,04
Sauerstoff	31,99	31,46
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Auch in den übrigen Eigenschaften weichen die beiden ersten Portionen, deren Siedepunkt zwischen 55 und 63° C. liegt, nicht von dem Xylit ab, indem nach der ersten Untersuchung von Schweizer und Weidmann der Xylit constant bei 60° C., nach der zweiten Untersuchung constant bei 61,5° C. ¹⁾ kocht.

Das spezifische Gewicht des Xylits ist nach Schweizer und Weidmann 0,816. Das spezifische Gewicht der ersten Portion fand ich = 0,817; das der zweiten = 0,818.

Aus dem Angeführten geht nun hervor, daß die von mir untersuchte Substanz ganz identisch ist mit der von Schweizer und Weidmann unter dem Namen Xylit beschriebenen. Allein, obgleich die charakteristischen Eigenschaften, Siedepunkt und spec. Gewicht, sowie die Analysen fast ganz mit einander übereinstimmen, was man als Beweis nicht bloß für die Identität der Substanzen, sondern auch für die Reinheit und Einfachheit derselben ansehen könnte, so wird sich doch aus dem Folgenden ergeben, daß dieser Xylit ein Gemenge von drei verschiedenen Körpern ist, nämlich von: *essigsauerm Methyloxyd, Aceton und*

1) Mit diesen Worten soll nur gesagt seyn, daß der Xylit bei der angegebenen Temperatur ins Kochen kommt, nicht aber, daß eine größere Menge Xylit bei der angegebenen Temperatur vollständig übergeht.

einem mit dem Aceton gleich zusammengesetzten, den ich einstweilen Xylit nennen will.

Destillirt man nämlich die von 55 bis 65° C. übergehenden Flüssigkeiten mit Kalkhydrat, so wird ein Theil derselben zersetzt in Essigsäure, welche an Kalk gebunden zurückbleibt, und in Holzgeist (Methyloxydhydrat), der mit dem unzersetzten Theil überdestillirt. Nachdem diese Destillation so oft wiederholt worden, bis keine weitere Veränderung, keine fernere Bildung von essigsaurem Kalk eintrat, so wurde die übergegangene unzersetzte Flüssigkeit zuerst über eine kleinere Menge Chlorcalcium destillirt, um den größten Theil des Wassers und des Holzgeistes zu entfernen, und dann um jede Spur derselben abzuschneiden, längere Zeit mit einer größeren Menge von Stücken Chlorcalcium in Berührung gelassen, hierauf davon abgossen, und für sich im Wasserbade destillirt.

Die von dem Chlorcalcium abgessene Flüssigkeit besitzt einen von den ursprünglichen Flüssigkeiten etwas verschiedenen durchdringenden ätherartigen, dem des Acetons verwandten Geruch. Sie mischt sich in allen Verhältnissen mit Wasser, Alkohol und Aether; und aus der wässerigen Lösung wird sie durch festes Chlorcalcium wieder ausgeschieden. Sie brennt mit heller stark leuchtender nicht rufsender Flamme.

Beim Erhitzen im Destillationsapparat beginnt dieselbe bei 55° C. zu kochen, der Siedepunkt steigt aber in kurzer Zeit auf 60 und 61° C. Das bis 61° C. wurde besonders aufgefangen; es beträgt ungefähr den fünften Theil der zur Destillation verwandten Flüssigkeit. Von 61° C. steigt der Siedepunkt langsam auf 62° C., bleibt hier kurze Zeit stationär, und geht langsam auf 63° C.; zwischen 61 und 63° C. geht ungefähr der dritte Theil der Flüssigkeit über, ebensoviel von 63 bis 65° C. Von da steigt der Siedepunkt langsam auf 66° C.¹⁾ In der Retorte bleibt

1) Die gemengten Flüssigkeiten zeigen durchgehends die gleiche Erscheinung. Wenn man z. B. von einer Flüssigkeit, deren Kochpunkt von 60 bis 100° C. steigt, den zwischen 70 bis 80° C. übergehenden Theil

etwas Chlorcalcium, das in der Flüssigkeit aufgelöst war, zurück.

Das spec. Gew. der ersten Portion ist nun nur $= 0,803$

„ „ „ „ zweiten „ „ „ „ $= 0,805$

„ „ „ „ dritten „ „ „ „ $= 0,809$.

Bei der Analyse wurden folgende Resultate erhalten:

I. 0,208 Gr. der ersten Portion lieferten 0,462 Gr. Kohlensäure und 0,196 Gr. Wasser.

II. 0,340 Gr. derselben Substanz gaben 0,756 Gr. Kohlensäure und 0,324 Gr. Wasser.

III. 0,217 Gr. von einer anderen Darstellung lieferten 0,484 Gr. Kohlensäure und 0,207 Gr. Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.
Kohlenstoff	60,53	60,81	60,95
Wasserstoff	10,44	10,60	10,58
Sauerstoff	29,03	28,59	28,47
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Auf diese Zahlen läßt sich keine andere Formel als die des Acetons: C_3H_6O , oder $C_6H_{12}O_2$ berechnen. Nach dieser Formel müßte in 100 Theilen erhalten werden:

3 At. Kohlenstoff	225,00	62,07
6 At. Wasserstoff	37,50	10,34
1 At. Sauerstoff	100,00	27,59
1 At. Aceton	362,50	100,00.

Die Differenz zwischen den gefundenen und berechneten Zahlen rührt, wie ich später fand, daher, daß die Substanz noch mit einem flüchtigen Körper verunreinigt ist der nahezu denselben Siedepunkt wie der reine Holzgeist hat, und dieser Körper ist die Ursache der gelben Farbe, die der nicht ganz reine Holzgeist nach und nach annimmt. Diese Substanz verharzt sich in Berührung mit Kalkhydrat bei Zutritt der Luft, viel schneller noch durch Einwirkung von Kalihydrat. Es wurde nun ein Theil der Substanz

besonders auffängt, und wieder umdestillirt, so beginnt die Flüssigkeit schon bei $60^\circ C.$ zu sieden, und zuletzt steigt der Siedepunkt fast bis $100^\circ C.$

mit Kalkmilch in einem nur zur Hälfte angefüllten Gefäße längere Zeit stehen gelassen, die Substanz hierauf abdestillirt über Chlorcalcium entwässert, destillirt und nur der von 58 bis 60° C. übergehende Theil aufgefangen. Das specifische Gewicht dieser Substanz ist 0,802.

I. 0,272 Gr. dieser Flüssigkeit gaben 0,618 Gr. Kohlensäure und 0,256 Gr. Wasser.

II. 0,230 Gr. Substanz, welche zweimal über einige Stückchen Aetzkali abdestillirt wurde, und deren Siedepunkt gleichfalls zwischen 58 und 60° C. lag, gaben 0,520 Gr. Kohlensäure und 0,215 Gr. Wasser.

In 100 Theilen:

	Gefunden.	Berechnet.	
	I.	II.	
3 At. Kohlenstoff	225,00	62,07	61,90
6 At. Wasserstoff	37,50	10,34	10,45
1 At. Sauerstoff	100	27,59	27,65
	362,50	100,00	100,00

Von gleicher Zusammensetzung sind auch die von 61 bis 63, ferner die von 63 bis 65° C., sowie von 65 bis 71° C. übergehende Flüssigkeiten. Es gaben nämlich:

I. 0,236 Gr. Substanz (Siedepunkt 61 bis 63° C.) 0,536 Gr. Kohlensäure und 0,223 Gr. Wasser.

II. 0,233 Gr. Substanz (Siedepunkt 63 bis 65° C.) 0,528 Gr. Kohlensäure und 0,220 Gr. Wasser.

III. 0,232 Gr. Substanz (Siedepunkt 65 bis 70° C.) 0,526 Gr. Kohlensäure und 0,218 Gr. Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.	
Kohlenstoff	61,90	61,87	61,91
Wasserstoff	10,54	10,48	10,43
Sauerstoff	27,56	27,65	27,66
	100,00	100,00	100,10.

Es ergibt sich nun aus den angeführten Analysen, daß die von 55 bis 70° C. überdestillirenden flüchtigen Flüssigkeiten im reinen Zustande dieselbe Zusammensetzung wie das Aceton haben.

Die von 55 bis 60° C. übergehende Substanz ist offenbar nichts anders als ein Gemisch von Aceton mit einem zwischen 61 und 62° C. überdestillirenden Körper, für den ich einstweilen den Namen Xylit beibehalten habe. Diese Ansicht wird bestätigt durch die Vergleichung der Eigenschaften des reinen Acetons mit denen der genannten Flüssigkeit. Der Siedepunkt des Acetons ist nämlich bei 55,6° C.; das spec. Gewicht derselben = 0,792. Auch in dem übrigen Verhalten ist kein Unterschied aufzufinden zwischen dem Aceton und der von 55 bis 61° C. destillirenden Flüssigkeit. Gmelin vermuthet schon das Vorkommen des Acetons im rohen Holzgeist, indem er ganz richtig schloß, daß Aceton darin enthalten seyn müsse, weil bei der Destillation des Holzes sich essigsaure Salze bilden müssen, die bei stärkerer Hitze als Zersetzungsproduct Aceton liefern.

Das im rohen Holzgeist enthaltene Aceton beträgt jedoch seiner Menge nach so wenig, daß man mit großen Quantitäten Holzgeist arbeiten muß, um es zu erhalten. Aus 16 Maafs, welche gleich sind 24 Liter, wurde nicht ganz eine Unze der von 55 bis 61° C. flüchtigen Flüssigkeit erhalten, die sicher nur höchstens zur Hälfte aus Aceton besteht.

Was nun die von 61 bis 70° C. überdestillirende Flüssigkeit betrifft, so ist dieselbe eine Mischung von dem Xylit, der wie eben bemerkt wurde, die gleiche Zusammensetzung wie das Aceton hat, und dessen Siedepunkt zwischen 61 und 62° C. liegt, mit einer Flüssigkeit, deren Kochpunkt höher ist, und welche dieselbe Zusammensetzung wie der Xylit besitzt.

Durch vielfaches Umdestilliren einer großen Menge der von 61 bis 70° C. kochenden Flüssigkeit erhielt ich ungefähr eine halbe Unze reinen Xylit, der vollständig zwischen 61 und 62° C. überdestillirte.

Dieser reine Xylit ist eine klare farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit, von eigenthümlichem durchdringendem Geruch, brennendem Geschmack, und 0,805 spec. Gew.

Derselbe löst sich mit Wasser, Alkohol und Aether in allen Verhältnissen mischen. Aus der wässrigen Lösung wird er durch Chlorcalcium, sowie durch Alkali wieder ausgeschieden. Der Xylit brennt mit stark leuchtender, nicht rufsender Flamme. Es ist mir bisjetzt nicht möglich gewesen, das Atomgewicht dieses reinen Xylits zu bestimmen; ich nehme hierfür einstweilen die Formel $\text{O}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_4$ an.

Ueber den Siedepunkt der zweiten Flüssigkeit läßt sich nichts Bestimmtes sagen, da es nicht möglich war, ungeachtet vieler Destillationen, aus der von 62 bis 71° C. überdestillirenden Flüssigkeit, eine zweite Flüssigkeit mit constantem Siedepunkt zu erhalten.

Ich glaube nun in dem Vorhergehenden den vollständigsten Beweis geliefert zu haben, daß der von Schweizer und Weidmann unter dem Namen *Xylit* beschriebene Körper nichts anders als ein Gemisch von essigsau-rem Methyloxyd, Aceton und dem eigentlichen Xylit war. Dieses wird ferner noch bestätigt durch die von Schweizer und Weidmann für ihre Körper aufgestellte Formel $\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_5$. Zieht man von der doppelten Formel $= \text{C}_{24}\text{H}_{48}\text{O}_{10}$, 1 At. essigsau-eres Methyloxyd $= \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$, $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_4$ ab, so bleibt $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_6$ übrig, oder die Elemente in einem solchen Verhältniß, wie sie Aceton oder Xylit bilden.

Es lassen sich nun auch sehr leicht die Differenzen in den Analysen von Liebig, Gmelin, Schweizer und Weidmann erklären; die genannten Forscher analysirten sämmtlich derartige Gemische. Und da nun das essigsau-ere Methyloxyd in 100 Theilen nur 48,65 Kohlenstoff und 8,10 Proc. Wasserstoff enthält, so wurde auch der Kohlenstoff und Wasserstoff um so niedriger, der Sauerstoff dagegen um so höher gefunden, je mehr essigsau-eres Methyloxyd vorhanden war. Ebenso fand sich das specifische Gewicht einer solchen Mischung um so größer, je mehr essigsau-eres Methyloxyd in der Mischung enthalten war, da das spec. Gew. des essigsau-eren Methyloxydes $= 0,908$ ist.

Dieser Gehalt an essigsau-erem Methyloxyd läßt sich

leicht erklären, da bekanntlich der ungereinigte rohe Holzgeist fast ganz daraus besteht. Bei den wiederholten Destillationen dieses rohen Holzgeistes mit Kalkhydrat wird zwar der größte Theil des essigsauren Methyloxydes zersetzt; aber es entgeht sehr leicht diesen Destillationen im grossen Maassstabe ein kleiner Theil der Zersetzung, der nur durch wiederholte Destillation und längere Einwirkung von Kalihydrat zerlegt wird. Schweizer und Weidmann haben zwar den Holzgeist, den sie zu ihren Untersuchungen verwandten, sowie den daraus abgeschiedenen Xylit wiederholt über Aetzkalk destillirt. Da aber bekanntlich der ungelöschte Kalk das essigsaure Methyloxyd nicht zersetzt, so ging dasselbe unverändert mit dem Aceton und dem Xylit über, und da ferner das essigsaure Methyloxyd denselben Siedepunkt wie das Aceton hat, so war auch eine Trennung durch fractionirte Destillation nicht möglich.

Der im Handel vorkommende Holzgeist enthält nach dem Gesagten nicht blofs ungleiche Mengen an essigsaurem Methyloxyd, sondern auch an Aceton, Xylit und allen anderen Körpern. Es kommt dies weniger daher, dafs der Holzessig vielleicht wegen des ungleichen Destillationsverfahrens eine ungleiche Menge der genannten Körper, nämlich Aceton, Xylit u. s. w. enthält, sondern es hängt ziemlich davon ab, ob der Fabrikant sämmtlichen destillirten Holzgeist wieder vermischt, oder ob er das zuerst Uebergegangene von dem zuletzt Uebergehenden getrennt hält.

Den Gehalt an Aceton, Xylit, Mesit u. s. w. des Holzgeistes der hiesigen Fabrik fand ich aus dem angeführten Grunde zwischen 5 und 10 Proc. schwankend.

Dieser Gehalt an essigsaurem Methyloxyd in dem von Schweizer und Weidmann untersuchten Xylit war nun die Ursache der vielen Irrthümer, in welche diese bei ihrer Untersuchung verfielen. So verbindet sich z. B. das essigsaure Methyloxyd, wenn man dasselbe über Stücke von geschmolzenem Chlorcalcium stehen läfst, nach und nach mit dem Chlorcalcium zu einer festen Masse, woraus sich das essigsaure Methyloxyd auf Zusatz von Wasser

wieder abscheidet. Der reine Xylit verbindet sich nur sehr schwierig mit dem Chlorcalcium, löst aber immer eine geringe Menge desselben auf. Ich habe reinen Xylit drei Monate lang über Stücke von geschmolzenem Chlorcalcium stehen gelassen; die Stücke desselben blieben ganz unverändert in der darüberstehenden Flüssigkeit. Nachdem dieselbe abgegossen war, schied sich auf Zusatz von Wasser nur sehr wenig Xylit auf der concentrirten Chlorcalciumlösung ab. Während derselben Zeit stand in einem andern Glas unreiner Xylit — das Gemenge von Aceton, essigsauerm Methyloxyd und Xylit —, hier dagegen hatte sich sämmtliche Flüssigkeit mit dem Chlorcalcium zu einer festen Masse vereinigt, woraus sie sich auf Zusatz von Wasser trennte. Es vermittelt also das essigsauere Methyloxyd die Verbindung des Xylits mit dem festen Chlorcalcium. Der reine Xylit vereinigt sich hingegen sehr leicht mit gepulvertem Chlorcalcium und zwar, wie schon früher angegeben wurde, unter Wärmeentwicklung. Es wird nun auch klar, warum bei den im Eingang beschriebenen Versuchen mittelst Chlorcalcium keine reine Substanz aus dem unreinen Xylit erhalten werden konnte.

Noch leichter verbindet sich der Xylit mit dem festen Chlorcalcium, wenn noch Holzgeist zugegen ist. Wenn man daher Holzgeist wiederholt über einen Ueberschuß an Chlorcalcium destillirt, so bleibt immer ein Theil des Xylits mit dem Chlorcalcium verbunden, besonders wenn diese Substanzen längere Zeit mit einander in Berührung sind. Man verliert hierdurch einerseits an Xylit, andererseits ist der aus dem Chlorcalcium abgeschiedene Holzgeist nicht rein. Es ist daher besser, wenn man rohen Holzgeist über Chlorcalcium destilliren will, bei der ersten Destillation nur so viel Chlorcalcium ¹⁾ anzuwenden, daß noch ein Theil des Methyloxydhydrats unverbunden bleibt.

1) Man wendet hierzu am besten nur scharf eingetrocknetes, und nicht geschmolzenes Chlorcalcium an, da sich ersteres viel leichter mit dem Holzgeist verbindet. Wegen der starken Wärmeentwicklung setzt man das Chlorcalcium nur nach und nach zu.

und mit dem Aceton, Xylit u. s. w. überdestillirt. In der zurückgebliebenen Verbindung des Methyloxydhydrats mit dem Chlorcalcium, ist nun kein Xylit enthalten. Das Destillat von Holzgeist, essigsauerm Methyloxyd u. s. w. wird nun einige Mal mit Kalkhydrat destillirt, um das essigsauere Methyloxyd zu zersetzen; darauf nochmals über Chlorcalcium abgezogen. Wenn nun durch diese zweite Destillation der größte Theil des Holzgeistes entfernt ist, was man daran sieht, daß die destillirte Flüssigkeit sich nicht mehr mit einer concentrirten Lösung von Chlorcalcium mischen läßt, sondern sich darüber ablagert, so bewirkt man die weitere Abscheidung des Holzgeistes, am besten durch Schütteln mit einem gleichen Volumen einer ganz concentrirten Lösung von Chlorcalcium in Wasser, worin sich der Holzgeist löst, der Xylit und Mesit dagegen fast nicht. Man trennt nun die abgeschiedene Flüssigkeit von der Chlorcalciumlösung, aus welcher durch Destillation im Wasserbade noch etwas Xylit, Mesit u. s. w. gewonnen werden kann, der durch Schütteln mit einer kleinen Menge frischer Chlorcalciumlösung von dem mit überdestillirten Holzgeist befreit wird. Sämmtlicher abgeschiedener Xylit, Mesit u. s. w. wird nun über einer größeren Menge von geschmolzenem Chlorcalcium längere Zeit stehen gelassen. Die von dem Chlorcalcium abgegossene Flüssigkeit wird hierauf für sich destillirt, das bis 66° C. übergehende besonders aufgefangen, und dieses Destillat, um jede Spur von essigsauerm Methyloxyd, die noch darin enthalten seyn könnte, zu zersetzen, mehrere Male mit einem gleichen Volumen einer verdünnten Kalilauge, in welcher sich die Flüssigkeit vollständig löst, destillirt, und alsdann durch Chlorcalcium entwässert.

(Schluß im nächsten Heft.)

III. *Ueber einige elektrische Abstofsungs-Erscheinungen; von Hrn. R. Charault.*

Wenn man eine Flüssigkeit elektrisirt, in welcher ein Aräometer schwimmt, so sieht man dieses sogleich sich erheben und eine geringere Dichtigkeit der Flüssigkeit anzeigen. Nimmt man die Elektrizität fort, so fällt es auf den Punkt zurück, auf welchem es anfangs sich befand. Dieses Steigen ist um so beträchtlicher als die Ladung stärker ist, und es erfolgt aus einer elektrischen Abstofsung zwischen der Flüssigkeit und dem Aräometer.

Verbindet man die Flüssigkeit, in welche das Aräometer getaucht ist, mit der inneren Belegung einer Leidner Flasche, so tritt das Steigen ebenfalls ein und entspricht dem, welches bedingt werden würde durch eine directe elektrische Entladung von gleicher Spannung mit der Spannung der freien Elektrizität, welche auf der inneren Belegung des Condensators verbreitet ist. Macht man den Versuch mit einer schlecht leitenden Flüssigkeit, auf welche man etwas Sägespäne streut, so bemerkt man ähnliche Ströme wie die, welche entstehen, wenn man eine Flüssigkeit von unten erwärmt.

Wendet man statt der Elektrisirmaschine eine Galvanische Säule an, so bemerkt man keine der obigen Erscheinungen. Dasselbe gilt von der Entladung einer Leidner Flasche oder einer elektrischen Batterie. (*Compt. rend. T. XXXII. p. 557.*)

IV. Ueber das Verhalten krystallisirter Körper zwischen elektrischen Polen; von H. Knoblauch.

Die eigenthümlichen Erscheinungen, welche Krystalle in mannigfacher physikalischer Beziehung, namentlich unter dem Einfluß magnetischer Wirkungen darbieten, ließen es von Interesse erscheinen, ihr Verhalten auch gegen Elektrizität näher zu untersuchen.

Bekanntlich nehmen krystallisirte Körper, zwischen den Polen eines Magneten an einem Faden frei aufgehängt, Stellungen an, welche sie, (bei übrigens gleichen Umständen) von homogenen unkrystallinischen Substanzen unterscheiden. Es fragte sich, ob sie zwischen elektrischen Polen Aehnliches zeigen würden.

Körper, deren Ausdehnung nach einer Richtung größer als nach den übrigen ist, werden (wenn sie frei drehbar sind) zwischen den Polen einer sogenannten trockenen Säule stets mit ihrer Längsrichtung vom Pol zu Pol gestellt. Dabei mögen sie krystallinisch oder amorph, Leiter oder Nichtleiter der Elektrizität seyn.

Soll demnach die eigenthümliche, von der krystallinischen Beschaffenheit der Körper abhängige Stellung untersucht werden, so ist zunächst jener richtende Einfluß der Form vollkommen aufzuheben, was dadurch geschieht, daß man ihnen die Gestalt einer kreisrunden Scheibe giebt, die horizontal aufgehängt wird. In dieser Form bleibt ein *homogener*¹⁾ *unkrystallinischer* Körper unbeweglich zwischen den elektrischen Polen in jeder Lage stehen, welche ihm zufällig durch die Torsion des Fadens ertheilt wird, wie

1) Ist die Masse ungleichmäßig gebildet, wie z. B. eine Elfenbein- oder Holzplatte oder ein Körper anderer Art, in dem bestimmte Faserrichtungen hervortreten, so verharrt die horizontal hängende Scheibe zwischen den Polen nicht in jeder Stellung. In jenen Fällen z. B. richtet sie sich mit den Fasern von Pol zu Pol.

directe Versuche mit Glas- und Metallscheiben gezeigt haben.

Eine Platte von *Schwerspath* wurde parallel dem Hauptblätterdurchgange abgespalten, auf derselben die Richtung der kurzen Diagonale bezeichnet in dem von den beiden Nebenspaltungen dargestellten Rhombus, und diese Platte als kreisrunde Scheibe zwischen den Polen einer aus 400 Paaren von Zink und Goldpapier oder einer aus 2000 Paaren von Silberpapier und Braunstein bestehenden Säule horizontal aufgehängt. Der feine seidene Faden, an dem die Scheibe durch eine Spur von Wachs (dem ebenfalls eine runde Form gegeben war) befestigt wurde, hatte mehr als 1^m Länge; seine Dicke betrug an dem unteren Ende nur etwa den achten Theil einer Haaresbreite. Die verticalen Polplatten der Säule konnten durch Arme an Charnieren dem Krystall beliebig genähert werden. Um sie außer Wirksamkeit zu setzen, hatte man sie nur durch einen leitenden Körper zu verbinden, oder ihre freie Elektrizität durch Berührung mit den Händen fortzuführen.

Der Versuch ergab, daß die Scheibe von *Schwerspath* zwischen den erregten Polen stets so gedreht wurde, daß die bezeichnete *kurze Diagonale winkelrecht gegen die Verbindungslinie der Pole* sich richtete.

Der Kürze wegen soll diese Richtung winkelrecht gegen die Linie von Pol zu Pol (wie dies beim Magneten üblich ist) die *aequatoriale* genannt werden.

Aus einer *Gyps*platte, welche im Sinne der vollkommensten Spaltbarkeit abgelöst war, wurde ebenfalls eine runde Scheibe gebildet und ihre Stellung, unter übrigens gleichen Umständen wie beim *Schwerspath*, zwischen den elektrischen Polen beobachtet. Auch sie dreht sich immer in eine bestimmte Lage, und zwar so, daß eine *Linie, welche nur wenig von der kurzen Diagonale* des aus den beiden Nebenspaltungen im Gyps gebildeten Rhombus abweicht, mit der *aequatorialen Ebene zusammenfällt*.

Die Experimente mit *Schwerspath* und *Gyps* erfordern, wie diese ganze Versuchsreihe, die äußerste Vorsicht und

Sorgfalt; nur sprung- und fehlerfreie Exemplare, wirklich kreisrunde Scheiben ohne hervorragende Spitzen am Rande sind dazu geeignet. Die übereinstimmende Beobachtung an 7 Exemplaren jeder der gedachten Krystalle stellt indess die beschriebene Wirkung als unzweifelhaft dar.

Stärker als bei den vorigen ist die richtende Kraft bei den folgenden Körpern.

Salpeter wurde so geschnitten, daß die krystallographische Axe desselben in der Ebene der Scheibe lag. In horizontaler Lage drehbar, stellte sich diese Scheibe so, daß die *Axe genau aequatorial* gerichtet wurde.

Auch beim *isländischen Doppelspath* schnitt man die Scheiben dergestalt, daß die krystallographische Axe in ihre Ebene fiel. Dasselbe geschah bei einem *Kalkspath*, in dem *kohlensaurer Kalk* mit *etwas isomorphem kohlensaurem Eisenoxydul* verbunden war. Auch beim *Spatheisenstein*, (der aus kohlensaurem Eisenoxydul allein besteht) wurden die Platten parallel der krystallographischen Axe dieses Krystalls geschnitten. Bei allen diesen, rhomboëdrisch krystallisirenden Körpern, von denen eine große Anzahl von Exemplaren untersucht wurde, ging die *krystallographische Axe* jedesmal durch eine Drehung der horizontal hängenden Scheibe allmählig in eine *aequatoriale* Lage über, in der sie alsdann dauernd verharrte.

Eine Scheibe von *Arragonit* zeigte dasselbe Verhalten. Die in ihrer Ebene liegende *Axe des Krystalls* wurde *winkelrecht gegen die Verbindungslinie der elektrischen Pole* gerichtet. Indess waren zur Darstellung dieser Erscheinung noch besondere Umstände zu beachten, welche sogleich näher besprochen werden sollen.

Beryll dreht sich, in Form eines flachen Cylinders so, daß die horizontal schwingende krystallographische Axe von Pol zu Pol, mithin der auf ihr winkelrechte und bei diesem Versuch vertical befindliche *Blätterdurchgang aequatorial* gestellt wird.

Auch bei einer *Turmalin*-Scheibe nimmt die *Richtung, welche auf der Axe des Krystalls senkrecht steht*, die *ae-*

quatoriale Lage an, indem die Axe selbst den Polen sich zuwendet.

So sicher diese Drehungserscheinungen bei dem bisher angewandten Verfahren in den meisten Fällen wahrgenommen werden, so können doch Umstände eintreten, unter denen diese Wirkungen durch eine andere verdeckt werden.

Bei allen nicht leitenden Substanzen nimmt man bekanntlich wahr, daß die durch Annähern eines elektrischen Körpers auf ihnen bewirkte Vertheilung der Elektricität nach dem Entfernen jenes Körpers fortdauert. So zeigt z. B. an einer *Glasscheibe* diejenige Seite, welche einer Siegellackstange zugekehrt war, noch eine Zeit lang positive, die entgegengesetzte aber negative Elektricität, und zwar sind beide in dem Grade fixirt, daß die ganze Scheibe in eine drehende Bewegung versetzt werden kann, wenn man die positive elektrische Seite von einer Siegellackstange anziehen, oder die negative von ihr abstofsen läßt.

Beim *Bergkrystall* und *Topas* findet diese Polarisation in dem Maasse statt, daß eine in Rotation versetzte horizontale Scheibe zwischen den elektrischen Polen augenblicklich in ihrer Bewegung gehemmt wird, oder daß dieselbe gegen die Torsion des Fadens und andere widerstrebende Ursachen in jeder Lage dauernd fixirt werden kann, in der man sie willkürlich auf kurze Zeit zwischen den Polen festgehalten hatte.

Kleine Würfel von *Topas* und *Turmalin* wurden dem positiven Pole gegenüber so stark negativ, auf Seiten des negativen Poles so stark positiv elektrisch, daß die hier stattfindende Anziehung sie immer wieder in die einmal angenommene Stellung gewaltsam zurückführte, auch wenn man sie unter Ableitung der Elektricität von den Polen, eine Drehung von 180 Graden hatte ausführen lassen.

Wenngleich ähnliche Polaritäts-Erscheinungen mehr oder minder bei allen vorgedachten Krystallen beobachtet wurden, so erreichten sie doch, mit Ausnahme des *Arragonits*, bei keinem einen solchen Grad, daß dadurch zwischen den

Po-

Polen der erwähnten Säulen eine Drehung in die beschriebene Stellung verhindert worden wäre.

Auch die *Arragonitscheibe* zeigt diese Drehung jedesmal, wenn man ihr (während sie selbst natürlich unelektrisch ist) einen schwach elektrischen Körper, etwa eine vor längere Zeit geriebene Siegellackstange, auf geeignete Weise allmählig aus der Ferne nähert. So dreht sie sich z. B. um 90° um, wenn die Siegellackstange in der Richtung der krystallographischen Axe des Arragonits heranbewegt wird, während sie in ihrer Lage verharret, wenn der elektrische Körper senkrecht gegen diese Axe (in gleicher Ebene mit ihr) genähert wird.

Das Experimentiren mit Einem elektrischen Körper, das sich durch seine große Einfachheit empfiehlt und zur Darstellung aller obigen Erscheinungen ausreicht, hat nur den Nachtheil, daß immer die ganze Masse des Krystalls nach einer Seite hin angezogen und dadurch seine ruhige Drehung in horizontaler Ebene gestört wird. Ueberdies tritt dabei leicht eine (unter allen Umständen zu vermeidende) Berührung der Scheibe und des geriebenen Stabes ein.

Ist der zu untersuchende Krystall ein Leiter, so bemerkt man (wie vorausszusehen) niemals eine nach der Entfernung des elektrischen Körpers fortdauernde Vertheilung der Elektricität. Die Drehung des ersteren wird daher auf keine Weise verhindert. Ein *Wismuthcylinder*, dessen Axe dem Hauptblätter-Durchgange parallel ist, richtet sich, (wie die übereinstimmende Beobachtung an sechs Exemplaren ergeben hat) jedesmal entschieden so, daß jener (beim Versuch verticale) *Blätter-Durchgang* einen Winkel von 90° mit der Verbindungslinie der Pole bildet.

Es kann nach allen diesen Thatsachen keinem Zweifel unterworfen seyn, daß *Krystalle (Leiter wie Nichtleiter)* unter dem Einfluß elektrischer Pole auf eine eigenthümliche, von ihrer äußeren Form unabhängige Weise gerichtet werden.

In den Untersuchungen, welche Hr. Dr. Tyndall und ich gemeinschaftlich angestellt haben, sind die Stellungen der Krystalle zwischen magnetischen Polen auf Unterschiede in der Aggregation der materiellen Bestandtheile nach verschiedenen Richtungen zurückgeführt worden ¹⁾. Es fragte sich, ob auch ihr Verhalten zwischen den elektrischen Polen auf Unterschiede dieser Art zu beziehen seyn würde.

Dies zu ermitteln, wurde ein feines Pulver von *schwefelsaurem Baryt*, dem als Bindemittel etwas Gummiwasser hinzugesetzt war, nach einer Seite zusammengedrückt, und nach dem Trocknen aus dieser Masse eine kreisrunde Scheibe gebildet dergestalt, daß die Richtung, in welcher der Druck ausgeübt worden war, in der Ebene der Scheibe lag. Ein solcher Körper, horizontal aufgehängt, dreht sich zwischen den elektrischen Polen wie die Scheibe eines *Schoerspath-Krystalls*. Die Richtung der Compression stellt sich bei jenem aequatorial, wie bei diesem die kurze Diagonale des aus den Nebenspaltungen gebildeten Rhombus.

Ganz auf dieselbe Weise verfuhr man mit dem Pulver von *schwefelsaurer Kalkerde*. Zwischen den Polen wurde auch bei diesen Körpern die Richtung, in welcher der Druck ausgeübt worden war, genau in die aequatoriale Ebene gedreht, wie dies beim *Gypskrystall* an der Linie beobachtet wurde, welche um einige Grade gegen die kurze Diagonale des von den Spaltungsrichtungen begrenzten Rhombus geneigt ist.

Eine Scheibe von *kohlensaurer Kalkerde*, in der ebenfalls die materiellen Theile durch Compression nach einer Richtung näher an einander gerückt worden sind, richtet sich wie eine Platte von *Kalkspath* oder *Arragonit*. Jene Linie der Zusammendrückung stellt sich winkelrecht auf die Verbindungslinie der Pole und entspricht in dieser Beziehung der krystallographischen Axe der genannten Krystalle.

Dieselbe Uebereinstimmung zeigt eine Scheibe von comprimirtem *kohlensaurem Eisenoxydul* mit einer Scheibe von

1) Pogg. Ann. Bd. LXXXI., S. 492.

Spatheisenstein. Jene dreht sich mit der Richtung, in welcher die Zusammendrückung stattgefunden hat, diese mit der krystallographischen Axe in die aequatoriale Ebene.

Außer den genannten Körpern, deren chemische Zusammensetzung mit derjenigen der gepulverten Krystalle identisch ist, wurden noch fein geriebenes *Glas*, sowie Pulver von *chromsaurem Bleioxyd*, *phosphorsaurem Kalkerde* und anderen Substanzen auf gleiche Weise behandelt und zwischen den elektrischen Polen untersucht.

Unter den Leitern der Elektrizität erwähnen wir nur *Braunstein*, *Eisenoxyd*, *Antimon* und *Wismuth* '). Die Scheiben oder Cylinder, welche aus ihnen nach der Compression angefertigt waren, und deren Axe stets vertical gehängt wurde, so daß die Richtung der Zusammendrückung wie vorher, horizontal zu liegen kam, drehten sich immer so, daß diese Richtung die aequatoriale Stellung einnahm.

Das comprimirt *Wismuth* verhält sich genau wie der vorerwähnte *Wismuth-Krystall*, bei dem der Hauptblätter-Durchgang einen Winkel von 90° mit der Linie von Pol zu Pol bildete.

- 1) Um zu ermitteln, ob diese Körper durch die freilich sehr geringe Menge von Gummi, welche ihnen als Bindemittel hinzugefügt war, auch nicht ihre Fähigkeit, die Elektrizität zu leiten, verloren hätten, verfuhr man auf folgende Weise. Es wurde zwischen den Polplatten der Säule ein leichtes Stäbchen in horizontaler Richtung oder eine kleine dünne Scheibe vertical an einem feinen Faden aufgehängt. Ein solcher leichter Körper richtet sich, bei frei an der Säule auftretender Elektrizität, augenblicklich von Pol zu Pol. Er folgt dagegen der Torsion des Fadens (welche beliebig vermehrt werden kann), wenn die Elektrizität abgeleitet wird. Soll nun bei irgend einer Substanz untersucht werden, ob sie die Elektrizität leite oder nicht, so ist es nur nöthig, sie an beide Pole gleichzeitig anzulegen. Bleibt das aufgehängte Blättchen von den Polen angezogen, so ist dies ein Beweis, daß der sie verbindende Körper die Elektrizität nicht abgeleitet hat; er ist also ein Nichtleiter. Wird jenes durch den Faden gedreht, so ist der an die Pole angelegte Körper ein Leiter. Der Versuch ergab, daß Letzteres beim Braunstein, Eisenoxyd, Antimon und Wismuth der Fall war, auch wenn sie mit etwas Gummi versetzt waren. Die vorher genannten Körper: Schwerspath, Gyps, Kalkspath u. s. w. erwiesen sich dagegen als Nichtleiter der Elektrizität.

Wie die Erscheinungen an Krystallen liessen sich auch die letztbeschriebenen mittelst eines einzigen elektrischen Körpers, z. B. einer geriebenen Siegelackstange darstellen.

Die Sicherheit, mit der diese Erscheinungen eintreten, und die große Uebereinstimmung, welche sich bei den vielen, von jedem einzelnen Körper geprüften Exemplaren ergab, haben *in den bis jetzt bekannten Fällen* zur Gewissheit erwiesen, dass *Körper der besprochenen Art (Leiter wie Nichtleiter) in denen die materiellen Theile nicht nach allen Seiten hin gleich weit von einander abstehen, zwischen elektrischen Polen (wenn der richtende Einfluss der Form aufgehoben ist) so gedreht werden, dass die Richtung, in welcher die Theile am nächsten bei einander sind, von den Polen sich abwendet.*

Wenn man bedenkt, dass eine Krystalscheibe zwischen den elektrischen Polen dieselbe Drehung wie eine Scheibe aus gleichen chemischen Bestandtheilen erfährt, in welcher durch Druck künstlich Aggregationsunterschiede hervorgebracht worden sind, und dazu erwägt, dass eine ähnliche Ungleichheit in der Anordnung der materiellen Theile eines Krystals bereits angenommen ist (in Folge verschiedener, auf anderen Gebieten der Physik angestellter Beobachtungen) so wird es nach der bisherigen Erfahrung gestattet seyn, auch die Drehungs-Erscheinungen der Krystalle auf den eben ausgesprochenen Satz zurückzuführen.

Vergleicht man das Verhalten der untersuchten Körper zwischen den elektrischen Polen mit dem zwischen magnetischen, so ergibt sich eine einfache Beziehung.

Unter den oben erwähnten Krystallen sind *magnetisch*: Kalkspath, welcher neben kohlensaurem Kalk kohlensaures Eisenoxydul enthält, Spatheisenstein, Beryll und Turmalin.

Der *magnetische Kalkspath*, wie der *Spatheisenstein* werden (in Form horizontal hängender Scheiben) zwischen den Polen eines Magneten stets so gerichtet, dass ihre krystallographische Axe genau von Pol zu Pol zeigt. Dieselbe Richtung war zwischen den elektrischen Polen um 90° von ihnen abgewendet.

Bei einem Cylinder von *Beryll* der Blätter-Durchgang in die axiale Ebene der Magnetpole. Dieser Blätter-Durchgang stand zwischen den elektrischen Polen aequatorial.

Turmalin stellt sich mit einer auf seiner krystallographischen Axe senkrechten Richtung von Pol zu Pol beim Magneten, entfernt sich aber mit dieser Richtung so weit als möglich von den Polen bei der elektrischen Säule.

So findet sich bei den bisher geprüften magnetischen Krystallen, daß diejenige Richtung, welche bei der Drehung zwischen den Magnetpolen diesen sich zukehrt, zwischen den elektrischen Polen um 90° von ihnen abgewendet wird.

Die ferner oben genannten Krystalle: *Schwerspath*, *Gyps*, *Salpeter*, isländischer *Doppelspath*, *Arragonit* und *Wismuth* sind diamagnetisch.

Wird die bezeichnete Scheibe von *Schwerspath* horizontal zwischen den Polen eines Magneten aufgehängt, so stellt sie sich mit derjenigen Linie, welche der kurzen Diagonale des aus den Nebenspaltungen gebildeten Rhombus entspricht, aequatorial. Dasselbe war der Fall zwischen den Polen der elektrischen Säule.

Beim *Gyps* dreht sich die vorher gedachte, gegen die kurze Diagonale geneigte Richtung zwischen den Magnetpolen aequatorial, genau wie bei den elektrischen Polen.

Beim isländischen *Doppelspath* und beim *Arragonit* wendet die Drehung der Scheibe die krystallographische Axe um 90° ab von den magnetischen wie von den elektrischen Polen. Dasselbe gilt vom *Salpeter*.

Wismuth wird von den Polen des Magneten mit seinem Hauptblätter-Durchgange in die aequatoriale Ebene gedreht. Nicht zu unterscheiden davon ist seine Stellung zwischen den Polen der Säule.

So wird bei diamagnetischen Krystallen (in allen bis jetzt bekannten Fällen) dieselbe Richtung sowohl von den magnetischen, wie von den elektrischen Polen abgewendet.

Die Einstellung magnetischer Krystalle zwischen elektrischen Polen in einer Richtung, welche der zwischen magnetischen entgegengesetzt ist, und die gleiche Stellung

diamagnetischer Krystalle zwischen diesen beiden Arten von Polen steht im nächsten Zusammenhange mit den von Hrn. Tyndall und mir aufgestellten Sätzen in Bezug auf den Vorgang zwischen den Polen eines Magneten.

Es ist nämlich von uns gezeigt worden, daß Körper, deren materielle Theile nach verschiedenen Seiten hin ungleich weit von einander abstehen, immer mit derjenigen Richtung, in welcher die Theile einander am nächsten sind, den *Magnetpolen* sich zukehren, wenn sie *magnetisch*, dagegen von den Polen sich abwenden, wenn sie *diamagnetisch* sind.

Aus den obigen Versuchen zwischen *elektrischen Polen* hat sich ergeben, daß in solchen Fällen die bezeichnete Richtung *immer* von den Polen abgewendet wird.

Sind nun Krystalle (wie angenommen worden) Körper der angedeuteten Art, so muß in der That die Stellung *magnetischer* Krystalle zwischen magnetischen und elektrischen Polen um 90° unterschieden seyn, die Stellung *diamagnetischer* Krystalle aber zwischen beiden übereinstimmen.

Bei allen bis jetzt untersuchten Körpern hat dies sich bestätigt. Es ist zu hoffen, daß der Satz, welcher jetzt nur als der einfache Ausdruck bisher ermittelter Thatfachen erscheint, durch eine größere Zahl von Beispielen als ein allgemeines Gesetz dargestellt werde.

Es würde gewagt seyn, schon in diesem Augenblicke, eine Erklärung des in den Körpern zwischen den elektrischen Polen stattfindenden Vorgangs aussprechen zu wollen. Nur soviel scheint aus dem Mitgetheilten erwiesen, daß in ihnen eine Vertheilung der Elektricität eintritt, welche, indem sie Drehungserscheinungen veranlaßt, der einfachen Massenanziehung zwischen den aufgehängten Körpern und den Polen entgegenwirkt.

Die hauptsächlichsten Ergebnisse der besprochenen Untersuchung stellen sich in folgenden Sätzen dar:

1. Krystalle (Leiter wie Nichtleiter) werden unter dem Einfluß elektrischer Pole auf eine eigenthümliche, von ihrer äußeren Form unabhängige Weise gerichtet.

2. Dasselbe ist der Fall bei Körpern, deren materielle Theile durch Druck künstlich einen ungleichen Abstand von einander erhalten haben, und zwar ist bei ihnen stets diejenige Richtung, in welcher die Theile am nächsten bei einander sind, von den Polen abgewendet.

3. Die Richtung in den Krystallen, welche bei ihrer Drehung zwischen elektrischen Polen einen Winkel von 90° mit der Verbindungslinie der Pole bildet, ist zwischen magnetischen Polen diesen zugekehrt, wenn die Krystalle magnetisch, von ihnen (wie bei den elektrischen Polen) abgewendet, wenn die Krystalle diamagnetisch sind. Dasselbe gilt von künstlich comprimierten Substanzen.

V. Ueber die magnetische Polarität und die Coërcitiv-Kraft der Gase; von Plücker.

1. **W**enn man gasförmige Körper magnetisch sich verhalten und den Magnetismus so stark hervortreten sieht, wie beim Sauerstoffgase, so fühlt man sich natürlich zu der Betrachtung hingezogen, ob überhaupt ein Gas, bei der leichten Verschiebbarkeit seiner kleinsten Theile, sich in ganz gleicher Weise magnetisch verhalte, wie ein fester Magnet. Namentlich wird man aufgefordert auf experimentalem Wege nachzuweisen, ob dasselbe sich polar verhalte oder nicht, ob, im erstern Falle, das Gas seine Polarität unter der inducirenden Wirkung des Magneten (Elektromagneten) augenblicklich annehme oder ob dazu eine gewisse Zeit erforderlich sey, ob es endlich auch, nach Aufhören der magnetischen Wirkung, noch fortfahre magnetisch zu seyn.

2. Man überzeugt sich bald, daß die magnetische Wirkung auf Sauerstoffgas noch um eine meßbare Gröfse gleich nach dem ersten Schließen der Kette zunimmt: eine

Zunahme, die nicht der zunehmenden Kraft des Elektromagneten zugeschrieben werden kann. Aber es schien mir gewagt, aus dieser Zunahme der Wirkung, die, wenn Sauerstoffgas in mechanischer Mengung in anderen Gasen vorkommt, bedeutend werden kann, und dann anderen Ursachen zuzuschreiben ist, ohne Weiteres darauf schliessen zu wollen, daß das einzelne Gastheilchen Zeit brauche, um den ganzen Magnetismus anzunehmen, den es unter der jedesmaligen Induction anzunehmen im Stande ist. Die in dem Nachstehenden beschriebenen Versuche liefern indess, nach meiner Meinung, den unzweifelhaften Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme.

3. Es wurde die mit dem Hahne verschlossene Kugel, welche zu den früheren magnetischen Versuchen gedient hatte, mit Sauerstoffgas gefüllt, dicht über den genäherten Halbankern an der Waage aufgehängt und aequilibrirt. Die Kugel, welche, leer, weder Anziehung noch Abstossung erfuhr, wurde nun von dem Elektromagneten angezogen und mit einer Kraft, die, in runder Zahl, 200 unserer Gewichts-Einheiten (Zehntel Milligramme) gleich kam, festgehalten. Statt aber dieses ganze, zum Abziehen der Kugel nothwendige, Gewicht auf die Schale der Waage aufzulegen, wurde nur ein Gewicht von etwa 20 genommen, so daß die Kugel noch mit einem Gewichte von 180 haftete. Wurde der Strom unterbrochen, so entfernte sich die Kugel langsam von den Ankern und konnte, wenn sie nicht schon zu weit war und dadurch ein zu großes Bewegungs-Moment erhalten hatte, durch erneuertes Schliessen der Kette in ihrer Bewegung von den Halbankern aufgehalten und zu denselben zurückgeführt werden. Wurde nach dem Oeffnen der Kette sogleich wiederum geschlossen, so blieb die Kugel haften. Wenn aber, statt den Strom in gleicher Richtung wieder herzustellen, derselbe durch einen Commutator *plötzlich umgekehrt* wird, so geht die Kugel bis zu einer bestimmten Entfernung von den Halbankern fort, und wird dann wieder angezogen. Wartet man, nach der Unterbrechung des Stromes, bis die Kugel,

in Folge jenes Uebergewichts der Schale von 20 Gewichtstheilen, sich bereits um einige Millimeter entfernt hat, und kehrt dann erst den Strom um, so sieht man, wie die Kugel, im Momente des Schließens, eine Abstossung erfährt und weiter sich entfernt, entweder ganz oder, wenn sie nicht zu weit war, um nach einiger Zeit umzukehren. Im letztern Falle können wir durch mehrfaches nicht zu rasch auf einander folgendes Commutiren die Kugel ganz fortführen und sehen dann, wie bei jeder neuen Umkehrung des Stromes, vier, fünfmal nach einander die Kugel, in Folge der Abstossung einen neuen Stofs erhält.

Wenn die Kugel nicht unmittelbar auf den beiden Halbankern aufsteht, sondern auf eine darauf gelegte indifferente Platte, etwa von Glas, so entfernt sie sich, nach der Commutation, ganz von den Polen.

Diese Versuche beweisen augenscheinlich, dafs das Sauerstoffgas in gleicher Weise wie feste Körper magnetische Polarität erhält, und dafs diese nicht zugleich mit der inducirenden Wirkung wieder verschwindet; dafs diese Pole sich umkehren mit der Umkehrung der inducirenden Pole, dafs aber, wie mehr oder weniger bei jedem festem Körper, Zeit dazu erforderlich ist. Die Coërcitiv-Kraft des Sauerstoffgases scheint mir vollständig erwiesen.

Das Sauerstoffgas behält diese Coërcitiv-Kraft auch dann, wenn es mit anderen Gasen mechanisch gemengt ist. Ich habe dieses insbesondere bestätigt gefunden, wenn Sauerstoffgas zugleich mit Stickstoffgas, mit Kohlenoxydgas und mit Chlor in der Kugel sich befand. Endlich zeigt sich die fragliche Coërcitiv-Kraft auch noch bei gewissen chemischen Verbindungen des Sauerstoffgases mit Stickstoffgas, bei Stickstoffoxydgas N_2 und salpetriger Säure N_2 , in welchen das Sauerstoffgas, wie es nach meinen bisherigen Beobachtungen scheint, ganz ausnahmsweise seinen Magnetismus behält ¹⁾.

Die vollständige Analyse der in dem Vorstehenden beschriebenen Versuche ist eine complicirte; es kommt dabei

1) Ich behalte mir ausführliche Mittheilungen hierüber vor.

die dreifache Anziehung auf die äußere Luft, das Glas und die eingeschlossene Luft in Betracht. Da aber die beiden ersten Anziehungen — was der Versuch zeigt, auch mit Rücksicht auf Coërcitiv-Kraft — im Falle *unserer* Kugel sich compensiren, so können wir dieselben, selbst dann, wenn der Magnetismus des zu untersuchenden Gases weniger stark ist, ganz unberücksichtigt lassen. Wenn die Kugel insbesondere mit Luft von gleicher Spannung gefüllt ist, so compensiren sich, bei der geringen Masse der Glaskugel, in der Nähe der Pole die Anziehung der freien und die Anziehung der eingeschlossenen Luft ebenfalls, und die beobachtete Wirkung können wir ebenso wohl allein der Anziehung der eingeschlossenen Luft als allein der Anziehung des Glases zuschreiben.

Bonn, den 29. Mai 1851.

VI. *Ueber einen neuen experimentellen Beweis von der Umdrehung der Erde; von C. Marx.*

Unter den mannigfachen naturwissenschaftlichen Entdeckungen der letzten Zeit hat das von Foucault aufgefundenene Verfahren, die Umdrehung der Erde augenscheinlich darzu-
thun ¹⁾, vielleicht das größte Aufsehen gemacht. Der Versuch, im Großen und öffentlich angestellt, hat auch die Schaulust und Theilnahme des größeren Publicums in Anspruch genommen und in Zeitungen und Journalen ist viel darüber zu lesen gewesen. Aber so anschaulich der Versuch an sich ist und so sehr sich auch dem Beschauer die Ueberzeugung aufdrängt, daß nur die Rotation der Erde selbst der letzte Grund des Phänomens seyn könne, so ist die eigentliche Erklärung und Deutung des Zusammenhanges gar nicht so leicht und einfach. Was bisher darüber hie und da veröffentlicht wurde, ist eher geeignet die Begriffe zu verwirren als aufzuklären. Dieses geht schon

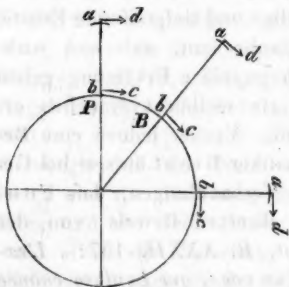
1) Vergl. Ann. Bd. 82 S. 518.

aus den Verhandlungen hervor, welche im Schofse der Academie der Wissenschaften zu Paris stattgefunden, indem mehrere Mitglieder behaupteten, zum Verständniß der Sache sey die Zuziehung der höheren Mechanik unerlässlich, und sie demgemäß weitläufige und tiefgreifende Erörterungen gegeben haben. Ich glaube nun, daß sich wirklich eine einfache und ziemlich populäre Erklärung geben lasse und theile dieselbe, da sie vielleicht Manchen erwünscht seyn möchte, hier mit. Vorher jedoch eine Bemerkung. Der gelehrte Mathematiker Binet äußert bei Gelegenheit der oben erwähnten Verhandlungen, daß Foucault's Versuch den ersten directen Beweis von der Erdumdrehung liefere. (*Compt. R. XXXII. 157: L'expérience de M. F. réalise ainsi un vœu, que Laplace énoncé dans ces termes: »Quoique la rotation de la terre soit maintenant établie avec toute la certitude que les sciences physiques comportent, cependant une preuve directe de ce phénomène doit intéresser les géomètres et les astronomes.«*) Dieses ist nicht ganz richtig. Ein solcher Beweis ist schon längst von Hadley in seiner Erklärung der Passat-Winde geliefert, die ursprünglich vom Norden oder Süden kommend durch die Umdrehung der Erde eine östliche Richtung erlangen. Noch weiter hat dieses Dove ausgeführt, der deshalb in seiner eigentlichen Weise sagt: »Die meisten Winde sind Lügner, sie kommen nicht aus der Gegend, aus welcher sie sagen.« (*Meteor. Unters. S. 188.*) Aber noch entschiedener sind die Resultate der Fall-Versuche ¹⁾, welche Benzenberg auf dem Michaelis-Thurme in Hamburg und Reich in den Bergwerken von Freiberg angestellt, wonach die aus der Höhe herabfallenden Körper unten nicht nach der Lothlinie auftreffen und die vermöge der Erdumdrehung bewirkte Abweichung genau mit dem von Gauss theoretisch bestimmten Betrage übereinkommt. Indessen nicht Jeder vermag einen hohen Thurm oder einen tiefen Schacht zu solchen Versuchen zu benutzen. Darum ist das nun, fast allenthalben leicht aus-

1) Deren Idee bekanntlich Newton i. J. 1679 angegeben.

föhrbare Verfahren eine dankenswerthe Bereicherung der Wissenschaft, zudem da sich noch anderweitige Aussichten daran anknüpfen.

Man denke sich über dem Pole der Erde, (etwa an einem Kuppelgewölbe) einen biegsamen Faden ab , in beistehender Figur, befestigt, der, lothrecht herabhängend, unten einen schweren Zeiger bc trägt. Auch am oberen Ende befinde sich ein Zeiger, ad . Bei der vollen Umdrehung der Erde wird der obere Zeiger einen ganzen Umkreis



durchlaufen. Der untere Zeiger hingegen wird, vermöge der Trägheit der Materie ruhig und unverrückt bleiben, indem die Torsion des leicht drehbaren Fadens ihn von aller Bewegung frei hält. Schwebt nun dieser Zeiger über einem Zifferblatt, so wird einem Beobachter, der sich daneben auf der rotirenden Erde befindet, es vorkommen, als bewege sich der Zeiger rückwärts, mit der Geschwindigkeit der Erde selbst, 15 Bogensekunden in einer Secunde Sternzeit. Uebertragen wir nun die ganze Vorrichtung nach einem andern Punkte der Erde, B , so wird das Loth ab bei der Umdrehung sich um die Erdaxe, eine Kegelfläche beschreibend, herumbewegen und dabei der obere Zeiger fortwährend verschiedene Stellungen gegen die Weltgegenden erhalten; der untere Zeiger dagegen wird eben so wie früher, seine anfängliche Lage und Richtung behaupten. Also auch in diesem Falle wird einem Beobachter es vorkommen, als drehe sich dieser Zeiger rückwärts. Der Betrag der Drehung wird aber um so geringer ausfallen, je mehr man sich von dem Pole entfernt, da der obere Zeiger bei einer vollen Umdrehung der Erde keinen ganzen Umkreis mehr durchläuft; die Abnahme geschieht im Verhältniß des Sinus der Breite und ist unter dem Aequator gleich Null. Denn man kann die Drehungs-

geschwindigkeit der Erde, v , in irgend welcher Polhöhe, α , in zwei zerlegen, wovon die eine um die Verticale des Orts, die andere um den darauf senkrechten Meridian vor sich geht. Jene ist $v \sin \alpha$, diese $v \cos \alpha$; an jener nimmt der obere (also in scheinbar entgegengesetzter der untere) Zeiger Theil, an dieser nicht.

Diese hier entworfene einfache Vorrichtung hat jedoch Foucault zu seiner Beweisführung nicht gewählt, sondern statt des Loths und Zeigers ein schwingendes Pendel genommen. Indem dieses, unter den angenommenen Umständen, sich bewegt, bleibt seine Schwingungs-Ebene, während die Ebene sich dreht, und der Aufhänge-Draht eine Torsion erfährt, in unverrückter Beziehung zu den Weltgehenden; scheinbar aber geht sie zurück und macht einen größeren oder kleineren Drehungsbogen (je nach der Polhöhe) um die Verticale des Beobachtungsortes. Diese Art des Versuchs hat theils den Vorzug einer größeren Constanz des Apparats, indem ein schwingendes Pendel weniger äußeren Störungen ausgesetzt ist, als ein ruhig hängender Faden mit einem Zeiger; theils lassen sich, wenn das Pendel eine bedeutende Länge hat, die, dem scheinbaren Lauf der Sonne analog, nach der Linken des Beobachters vor sich gehende Drehung der Schwingungsebene fast bei jedem Hin- und Hergang entweder auf einem Gradbogen wahrnehmen, oder, wie F. gethan, durch Einschneiden der an dem Pendelgewicht angebrachten Spitze in die zu beiden Seiten aufgerichteten Wälle von feinem Sand, unmittelbar erkennen. Aber auch unser erster Apparat (obgleich die Bewegung des untern Zeigers in mittlern Breiten wohl dreimal langsamer ist als die des Stundenzeigers einer Uhr) möchte, gehörig ausgeführt und geschützt nicht minder anschaulich und beweisend seyn. Man kann, wenn man ihn ganz aus festen Theilen verfertigt und ihn höchst leicht drehbar auf einer Spitze ruben läßt, ihn von der Torsion des Fadens oder Drahts ganz unabhängig machen und ihn benutzen, wenn die Polhöhe des Ortes bekannt ist, die Uhrzeit anzugeben oder zu veri-

ficiren und umgekehrt. Hierbei ließen sich, wenn an dem Zeiger ein Spiegel angebracht ist, die Drehungen während sehr kleiner Zeitmomente mittelst Fernrohr und Scale scharf beobachten. Auch ist die Frage, ob nicht bei feinen und lange andauernden Beobachtungen mit dem Magnetometer, wo ja ganz ähnliche Umstände obwalten, auch mit auf die Erdrotation Rücksicht zu nehmen ist. Als eigentliche Uhr kann unserer Apparat nicht dienen, da der Zeiger alle 24 Stunden keinen vollen Umkreis durchläuft. Diesem liefse sich zwar begegnen, wenn man die Axe, um die sich der Apparat frei zu drehen hätte, der Erdaxe parallel stellte, dann aber würde die practische Ausführung auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten treffen. Die erstere Vorrichtung aber dürfte, bei kunstgerechter Ausführung, das eigentliche und einzige *perpetuum mobile mechanicum* vorstellen.

VII. *Notiz über Hrn. Foucault's neuen mechanischen Beweis von der Axendrehung der Erde; von Hrn. C. Wheatstone.*

In dieser am 22. Mai d. Jahres in der K. Gesellschaft zu London vorgelesenen und im *Philosoph. Magazine* (1851 June) veröffentlichten Notiz, beschreibt Hr. Wheatstone folgende sinnreiche Abänderung des bekannten Foucault'schen Versuchs ¹⁾.

Ein halbkreisförmiger Bogen von 1 bis 2 Fufs im Durchmesser ist lothrecht auf einem horizontalen Rade befestigt, durch welches er mit jedem Grade von Schnelligkeit aus einem Azimut in ein anderes gedreht werden kann. Längs dem inneren Rande des Bogens, welcher graduirt ist, ver

1) Diese Ann. Bd. 82, S. 458.

schiebt sich ein Schlitten (*rider*), welcher an jedem beliebigen Punkt befestigt werden kann. Ein Schraubendraht, mittelst dessen sich bei verhältnißmäßig kleiner Länge langsame Schwingungen erhalten lassen, ist befestigt mit einem Ende an einem in der Axe des Halbkreises steckenden Stifte, und mit dem andern an einem zweiten, der in paralleler Lage im Schlitten angebracht ist. Der senkrechte Halbkreis steht jedoch (mit seiner Ebene) nicht im Durchmesser des horizontalen Rades, sondern parallel neben ihm, in solchem Abstände, daß die den Durchmesser einschließende Verticalebene, in welcher der Draht bei allen seinen Lagen bleibt, dem Auge des Beobachters nicht verdeckt wird.

Ist der Draht mit seinem oberen Ende auf 90° gestellt, d. h. fällt er mit der Umdrehungsaxe zusammen, und man setzt ihn in einer gegebenen Ebene z. B. von Nord nach Süd, in Schwingung, so verharret er darin, was für eine Rotation man ihn auch mittheilen möge, so daß die Schwingungsebene sich in Bezug auf das Rad oder die Axe des Drahtes mit derselben Geschwindigkeit, aber in entgegengesetzter Richtung bewegt. Wird der Schlitten bei 30° befestigt, macht also der Draht einen Winkel von 60° mit der Rotationsaxe, so beschreibt er bei seiner Bewegung die Oberfläche eines Kegels von dieser Neigung gegen die Verticale, und zugleich beobachtet man, daß die Schwingungsebene eine vollständige Umdrehung macht, während das Rad deren zwei vollbringt. Diefs läßt sich am besten sehen, wenn man das Auge auf eine mit dem Draht in derselben Ebene liegende Linie fixirt und während der Drehung des Rades mit demselben herumgeht. Ist der Schlitten auf $19\frac{1}{2}^\circ$ befestigt, so macht die Schwingungsebene eine Drehung während drei des Rades. Bei Befestigung auf $14\frac{1}{2}^\circ$ macht sie eine Drehung während vier des Rades u. s. w., und wenn er endlich auf 0° befestigt ist, der Draht also horizontal liegt, findet keine Drehung der Schwingungsebene mehr statt. Es ist überflüssig zu bemerken, daß die Sinus von 90° , 30° , $19\frac{1}{2}^\circ$, $14\frac{1}{2}^\circ$ den Zahlen 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, 0 entspre-

chen, und dafs die Reciproken dieser Zahlen die respectiven Umdrehungszeiten bezeichnen.

Die Axe des biegsamen Pendels kann an dem Punkt der Erdoberfläche, über welchen es sich befindet, nur eine verticale Stellung annehmen. Wäre es möglich, die durch einen anfänglichen Stofs veranlafsten Schwingungen eines ausgestreckten Drahts eine hinlängliche Zeit zu unterhalten, so würde die scheinbare Drehung seiner Schwingungsebene sich mit der Neigung des Drahts gegen die Erdaxe verändern. In diese Axe gestellt, würde sie eine Umdrehung in 24 Stunden machen, und diese würde nach dem obigen Gesetz allmählig langsamer werden, so wie sie der Aequatorialebene sich näherte; in dieser Ebene selbst würden endlich die Schwingungen immer in derselben Richtung ausgeführt werden ¹⁾).

- 1) Bekanntlich zeigt die kleine, i. J. 1817 von Bohnenberger erfundene Maschine zur Erläuterung der Gesetze der Axendrehung der Erde die merkwürdige Erscheinung: dafs während die Kugel sich um ihre Axe dreht, diese Axe beständig diejenige Lage, welche man ihr, während man sie in Drehung gesetzt, gegeben hat, beizubehalten strebt, und dies selbst dann, wenn man die ganze Maschine an ihrem Fuß anfaßt und herumführt. »Man kann sie nach beliebigen Richtungen und mit beliebigen Geschwindigkeiten umhertragen, und doch bleibt die Axe der Kugel beständig in paralleler Lage, und wenn man sie z. B. anfänglich gegen Norden gewendet hat, so richtet sie sich an allen Orten wie eine Magnethadel nach Norden.« (Gilbert's Ann. Bd. LX. S. 64). — Durch diese Erscheinung würde die Maschine zugleich eine zum Erweise der Axendrehung (vielleicht gar eine zur Bestimmung der geographischen Länge) werden, wenn man ihr, was gar nicht unausführbar scheint, mittheilt eines Uhrwerks eine continuirliche Bewegung mittheilte. P.